

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA
FACULTAD DE INGENIERÍA EN INDUSTRIAS ALIMENTARIAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA EN INDUSTRIAS
ALIMENTARIAS



**“PROPIEDADES SENSORIALES, TEXTURALES, FISICOQUÍMICAS Y
ANTIOXIDANTES DE UNA BARRA NUTRICIONAL FORMULADA CON
INGREDIENTES NO CONVENCIONALES”**

Tesis

Para optar el título de:

INGENIERO EN INDUSTRIAS ALIMENTARIAS

PRESENTADO POR:

DELSY ROSAURA CASTRO CIVICO

Tingo María-Perú

2024



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA
Tingo María
FACULTAD DE INGENIERIA EN INDUSTRIAS ALIMENTARIAS
Carretera Central Km. 1.21. Teléfono (062) 561385
Apartado Postal 156 Tingo María E.mail: fiia@unas.edu.pe

*"Año del Bicentenario, de la Consolidación de Nuestra Independencia, y de la
Commemoración de las Heroicas Batallas de Junín y Ayacucho"*

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS N° 006-2024

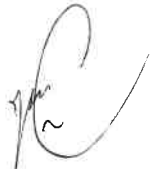
Los Miembros del Jurado que suscriben, reunidos en acto público el 22 de octubre del 2024, a horas 10:00 a.m., en la Sala de Sesiones del DACTIA-FIIA de la Universidad Nacional Agraria de la Selva, ubicada en la ciudad de Tingo María, provincia de Leoncio Prado, región Huánuco, para calificar la tesis presentada por la Bach. **DELSY ROSAURA CASTRO CIVICO**, titulada:

"PROPIEDADES SENSORIALES, TEXTURALES, FISICOQUÍMICAS Y ANTIOXIDANTES DE UNA BARRA NUTRICIONAL FORMULADA CON INGREDIENTES NO CONVENCIONALES"

Después de haber escuchado la sustentación y las respuestas a las preguntas formuladas, lo declaran **A.P.T.A.** con el calificativo de **MUY BUENA**; en consecuencia, la sustentante, queda **APTA** para obtener el título de **Ingeniero en Industrias Alimentarias**, de conformidad con el artículo 45° numeral 45.2, de la Ley Universitaria 30220; los artículos 132 inciso "k" y 135 inciso "f" del Estatuto de la Universidad Nacional Agraria de la Selva.

Tingo María, 22 de octubre del 2024


Ing. Eduardo Alejandro Cáceres Almenara
Presidente


M.Sc. Victor Elvis Condori Rondán
Miembro


Dra. Magda Verónica Bazán Linares
Miembro


Dra. Elizabeth Susana Ordoñez Gómez
Asesor


Ing. Darlym Reátegui Díaz
Asesor



“Año del Bicentenario, de la consolidación de nuestra Independencia, y de la conmemoración de las heroicas batallas de Junín y Ayacucho”

CERTIFICADO DE SIMILITUD T.I. N° 367 - 2024 - CS-RIDUNAS

El Director de la Dirección de Gestión de Investigación de la Universidad Nacional Agraria de la Selva, quien suscribe,

CERTIFICA QUE:

El Trabajo de Investigación; aprobó el proceso de revisión a través del software TURNITIN, evidenciándose en el informe de originalidad un índice de similitud no mayor del 25% (Art. 3° - Resolución N° 466-2019-CU-R-UNAS).

Programa de Estudio:

Ingeniería en Industrias Alimentarias

Tipo de documento:

Tesis	X	Trabajo de Suficiencia Profesional	
-------	---	------------------------------------	--

TÍTULO	AUTOR	PORCENTAJE DE SIMILITUD
PROPIEDADES SENSORIALES, TEXTURALES, FÍSICOQUÍMICAS Y ANTIOXIDANTES DE UNA BARRA NUTRICIONAL FORMULADA CON INGREDIENTES NO CONVENCIONALES	DELSY ROSAURA CASTRO CIVICO	10 % Diez

Tingo María, 19 de diciembre de 2024



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA
UNIDAD DE GESTIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

Dr. Tomas Menacho Mallqui

FFB

C.C. Archivo

DEDICATORIA

A Dios:

Por mis padres, darme vida, salud, siempre iluminarme, guiarme, rodearme de buena compañía y proporcionarme la sabiduría necesaria para culminar mi carrera profesional satisfactoriamente.

A mi padre:

Ignacio Castro Guardia, por su esfuerzo, consejos, apoyo, cariño y dedicación brindada durante toda mi educación profesional, que me inspiraron para poder culminar con mi carrera profesional.

A mi madre:

Irma Yolanda Civico Gerónimo, por su amor incondicional, comprensión, paciencia consejos, apoyo emocional y confianza, que me inspiraron a seguir pese a todas las dificultades durante mi carrera profesional.

A mis hermanos:

Carlos Isaías Castro Civico, Puyol Ignacio Castro Civico y Melani Azumí Castro Civico, por su cariño, motivación y ser mi fortaleza en los momentos de debilidad.

AGRADECIMIENTOS

- A Dios por la vida, salud, cuidarme y guiarme siempre.
- A mis padres, Ignacio Castro e Irma Civico por su apoyo, dedicación, amor, motivación y esfuerzo en el desarrollo de mi carrera profesional.
- A la Universidad Nacional Agraria de la Selva, por brindarme la oportunidad en mi formación profesional.
- A la Facultad de Ingeniería en Industrias Alimentarias y sus docentes por sus enseñanzas y consejos brindados en mi desempeño profesional.
- A la biblioteca de la UNAS por la facilidad de información en el desarrollo de mi tesis.
- A mis asesores, Dra. Ordoñez Gómez, Elizabeth Susana; Ing. Reátegui Díaz, Darlym y Dr. Hidalgo Chávez Davy William, por su apoyo, disposición, comprensión, tolerancia y respaldo brindado durante la ejecución de mi trabajo de investigación.
- A los miembros del jurado, Ing. Cáceres Almenara, Eduardo; Ing. Condori Rondan, Victor Elvis e Ing. Bazán Linares, Magda Verónica por su confianza, paciencia, disposición y aporte en el desarrollo de mi trabajo de investigación.
- A mis hermanos Carlos Castro, Puyol Castro y Melani Castro por su cariño y ser mi fortaleza.
- A Aldair Díaz Heredia, por su compañía, cariño y apoyo incondicional brindado en el desarrollo de mi investigación.
- A la Ing. Aurelia Isabel León Arévalo, por su amistad, respaldo y apoyo brindado en el proceso de ejecución de mi investigación.
- A los técnicos, Yacha Melgarejo Celedonio y Árizo Jean Carlos por su apoyo en la ejecución de mi tesis.
- A mis amigos Sherly Hilario, Daliz Llanos, Mónica Luna, Michelly Fasanando, Rosalinda Huarauya, Heidy Ramírez, Marlita Vasquez, Jhuliza Mori, Liliana Huamán, Fernando Portilla y Elia Aquino, por su amistad, consejos y apoyo en mi etapa universitaria y ejecución de mi tesis.

ÍNDICE

	Página
I. INTRODUCCIÓN	1
II. REVISIÓN DE LITERATURA	3
2.1. Antecedentes	3
2.2. Aspectos generales de la harina de frijol	5
2.2.1. Definición de frijol	5
2.2.2. Frijol huallaguino	5
2.2.3. Elaboración de la harina de frijol	6
2.3. Aspectos generales del deshidratado de flor de plátano	6
2.3.1. Definición de plátano	6
2.3.2. Taxonomía, nomenclatura y variación genética del plátano	6
2.3.3. Flor de plátano	8
2.3.4. Deshidratado de la flor de plátano	8
2.4. Aspectos generales del deshidratado de cáscara de papaya	9
2.4.1. Definición de papaya	9
2.4.2. Partes del fruto de la papaya	9
2.4.3. Cáscara de papaya	10
2.4.4. Deshidratado de cáscara de papaya	10
2.5. Aspectos generales de barras alimentarias	10
2.5.1. Definición de barras alimentarias	10
2.5.2. Clasificación de barras alimentarias	11
2.5.3. Proceso de elaboración de barras alimentarias	13
2.5.4. Composición química-proximal	14
2.6. Conceptos básicos de análisis sensorial	15
2.6.1. Historia y definición	15
2.6.2. Análisis sensorial en la práctica y aplicaciones	16
2.6.3. Panelistas en el análisis sensorial	17

2.6.4. Atributos sensoriales	17
2.6.5. Clasificación del análisis sensorial clásico.....	19
2.6.6. Análisis sensorial con consumidores.....	21
2.6.7. Tipos de escalas.....	25
2.7. Aspectos texturales	27
2.7.1. Historia de la textura	27
2.7.2. Características de textura en alimentos	28
2.7.3. Pruebas instrumentales de textura	28
2.8. Fenoles totales y capacidad antioxidante.....	31
2.8.1. Definición de fenoles totales	31
2.8.2. Clasificación de los compuestos fenólicos.....	31
2.8.3. Definición de capacidad antioxidante	32
2.8.4. Métodos de análisis de la capacidad antioxidante.....	33
III. MATERIALES Y MÉTODOS.....	35
3.1. Lugar de ejecución.....	35
3.2. Materia prima.....	35
3.3. Materiales, equipos y reactivos.....	36
3.4. Metodología experimental	37
3.4.1. Obtención de muestras	37
3.4.2. Formulación y elaboración de barras nutricionales.....	38
3.4.3. Análisis sensorial de las barras nutricionales elaboradas con flor de plátano deshidratada, harina de frijol Huallaguino y cáscara de papaya.	40
3.4.4. Análisis de perfil de textura (APT) en barras nutricionales	44
3.4.5. Determinación de fenoles totales, flavonoides totales y capacidad antioxidante de barras nutricionales	45
3.4.6. Análisis fisicoquímico de las barras nutricionales	47
IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	51

4.1. Evaluación sensorial de las barras nutricionales elaboradas con flor de plátano deshidratada, harina de frijol Huallaguino y cáscara de papaya.....	51
4.1.1. Evaluación de la aceptabilidad.....	51
4.1.2. Diseño de mezclas simplex centroide y modelos.....	54
4.1.3. Perfil de deseabilidad	58
4.1.4. Validación de los modelos del diseño de mezclas simplex-centroide	60
4.1.5. Selección de términos para la prueba marque todo lo que corresponda (Check All That Apply) (CATA).....	61
4.1.6. Análisis de correlación, análisis de correspondencia y mapa de calor mediante la prueba marque todo lo que corresponda (Check All That Apply) (CATA).....	63
4.1.7. Evaluación de la intención de compra.....	72
4.1.8. Obtención de datos sociodemográficos.....	77
4.2. Análisis de perfil de textura (APT) en barras nutricionales.....	78
4.3. Determinación de fenoles totales, flavonoides totales y capacidad antioxidante de barras nutricionales.....	80
4.4. Evaluación fisicoquímica de las barras nutricionales	83
V. CONCLUSIONES	88
VI. PROPUESTAS A FUTURO.....	89
VII. REFERENCIAS.....	90

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla	Página
1. Formulación de barras nutricionales a partir de pseudocomponentes	38
2. Pseudo-componentes para la composición real de los tratamientos.....	39
3. Aceptabilidad para los atributos textura, color, aroma, sabor, apariencia general y aceptación global en barras nutricionales sin testigo.....	53
4. Mejores modelos matemáticos encontrados mediante la optimización por el diseño de mezclas simplex-centroide con restricciones	56
5. Validación de los modelos matemáticos de atributos sensoriales para el tratamiento óptimo.....	60
6. Términos o descriptores por atributos seleccionados para la evaluación de barras nutricionales.	62
7. Porcentaje de la intención de compra según los grupos de panelistas.....	74
8. Tabla de frecuencias de la intención de compra de todos los panelistas por tratamientos...	76
9. Datos socio-demográficos de los panelistas.	78
10. Propiedades texturales de barras nutricionales.....	79
11. Fenoles totales, flavonoides totales y capacidad antioxidante en barras nutricionales	82
12. Composición fisicoquímicos de barras nutricionales.	85

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura	Página
1. Métodos de análisis sensorial clásico	20
2. Escala lineal no estructurada de 10 cm.....	27
3. Gráfico del análisis de perfil de textura (APT).....	30
4. Clasificación de los compuestos fenólicos.	32
5. Flujograma del proceso de elaboración de barras nutricionales.....	40
6. Esquema tridimensional de la barra nutricional	44
7. Gráfico de contorno para los atributos sensoriales obtenido a partir del diseño de mezclas simplex-centroide con restricciones.	57
8. Perfiles de deseabilidad en base a los atributos sabor, apariencia y aceptación global.....	59
9. Correlación de Pearson de valores experimentales y valores calculados con el modelo predicho de la agrupación de T2, T5 y T7.....	61
10. Correlograma para los descriptores de cada atributo de las barras nutricionales sin el testigo.....	66
11. Análisis de correspondencia en función de los descriptores de los atributos sensoriales analizados para barras nutricionales sin considerar al testigo.	69
12. Análisis de penalización (penalty-lift) de los descriptores CATA.....	69
13. Gráfico de conglomerado jerárquico de componentes principales de las barras nutricionales.....	71
14. Gráfico de conglomerados jerárquico para los panelistas en la intención de compra	73
15. Gráfico de frecuencias de la intención de compra por grupos.	74
16. Gráfico de frecuencias de la intención de compra por tratamiento	75

RESUMEN

Actualmente, ha aumentado la preferencia por alimentos listos para consumir que aporten beneficios a la salud, con mayor contenido de proteínas, fibra y antioxidantes. Se optimizó y validó la barra nutricional formulada con ingredientes no convencionales con el diseño de mezclas simplex-centroide con restricciones mediante la aceptabilidad y prueba CATA, se evaluó propiedades texturales, funcionales y fisicoquímicas. Los ingredientes no convencionales fueron flor de plátano deshidratado (FP), cáscara de papaya deshidratada (CP) y harina de frijol huallaguino (HF), se generó nueve formulaciones, para evaluar propiedades sensoriales, texturales, funcionales y fisicoquímicas. El optimó fue T7 (3% FP, 12% FH, 15% CP), con deseabilidad 0,61, los seis modelos validados mostraron variación aceptable de 2,87% a 18,54%. En la prueba CATA existió muy fuerte correlación entre aspecto homogéneo y color miel (0,96), entre sabor cereal y sabor amargo (-0,93), T7 destacó con cuatro descriptores positivos en el análisis de correspondencia y conglomerados jerárquicos; los panelistas del tercer grupo con 50% “Tal vez o Si lo compraría” tuvieron mayor intención de compra, representado por jóvenes, que viven solos, menos de un salario mínimo, mujeres y universitarios. El T7 presentó mayor dureza, adhesividad, masticabilidad, elasticidad y T5 (12% FP, 15% FH, 3% CP) mayor contenido de fenoles totales, flavonoides totales, capacidad antioxidante (DPPH y ABTS), proteína bruta, fibra cruda y menor carbohidratos. La adición de FP, FH y CP en barras nutricionales dio descriptores sensoriales positivos, incrementó la cohesividad, masticabilidad, contenido de fenoles, flavonoides, capacidad antioxidante, humedad, proteína, fibra y ceniza.

Palabras clave: Propiedad organoléptica, Calidad, Palatabilidad, Rasgo organoléptico (es), Sabor de ternura, propiedades sensoriales (es).

ABSTRACT

Currently, the preference for food ready to consume that provides health benefits with greater protein, fiber and antioxidant contents has increased. The nutritional formula of a bar with non-conventional ingredients was optimized and validated with a simplex-centroid design mix with restrictions; using the acceptability and the CATA test the textural, functional and physicochemical properties were evaluated. The non-conventional ingredients were dehydrated banana flower (FP – acronym in Spanish), dehydrated papaya hulls (CP – acronym in Spanish) and huallaguino bean flour (HF – acronym in Spanish); new formulations were generated in order to evaluate the sensory, textural, functional, and physicochemical properties. The optimal [formula] was T7 (3% FP, 12% FH, and 15% CP), with a desirability of 0.61, the six validated models had an acceptable variation from 2.87% to 18.54%. For the CATA test, a very strong correlation existed between the homogenous aspect and the honey color (0.96), between the cereal flavor and the bitter flavor (-0.93), [and] T7 stood out with four positive descriptors in the correspondence and hierarchical conglomerates analysis. The panelists from the third groups had the greatest intention of buying with “maybe or yes I would buy it” being 50%, [they were] represented by young people who live alone with less than minimum wage, [who were] women and university students. [Treatment] T7 presented the greatest firmness, adhesiveness, chewability, [and] elasticity and T5 (12% FP, 15% FH, [and] 3% CP) [had the] greatest total phenols, total flavonoids, antioxidant capacity (DPPH and ABTS), raw protein, raw fiber, and the least carbohydrates. The addition of FP, FH and CP in nutritional bars gave off positive sensory descriptors, [and] increased the cohesiveness, chewability, phenol content, flavonoids, antioxidant capacity, moistness, protein, fiber, and ash.

Keywords: organoleptic property, quality, palatability, organoleptic traits (es), softness of flavor, sensory properties (es).

I. INTRODUCCIÓN

En los últimos años, el consumo de cereales como snack experimentó un notable aumento. Un 28% de los consumidores los elige para el desayuno, un 25% para la merienda y un 19% para la cena, América del Norte y Europa occidental lideran el mercado global de cereales, representando el 60% de las ventas. Sin embargo, Asia está emergiendo rápidamente como el mercado de mayor crecimiento, con una tasa compuesta de crecimiento anual (CAGR) proyectada del 11% entre 2021 y 2023. Estados Unidos, aunque destaca como el mercado más grande en términos de valor absoluto con ventas que alcanzan los 6700 millones de dólares, ocupa el puesto doce en consumo per cápita, teniendo a Irlanda en la primera posición (Glanbia Nutritionals, 2023).

Durante la década de 1990, las barras de cereales en Estados Unidos se consumían principalmente como una fuente rápida de energía para deportes como ciclismo, montañismo y maratones. En la actualidad, se ha convertido en una opción popular entre consumidores ocasionales en todo el mundo, gracias a la creciente demanda de alimentos saludables, de rápida preparación. En el Perú, el consumo per cápita de snacks es de 3,5 kg/año, siendo predominante el consumo de snacks dulces (gomitas, chocolates, caramelos) y salados (galletas). La categoría de snacks saludables, como las barras de cereal, ha visto un incremento del 50% en aceptación dentro del mercado local, se espera que continúe creciendo (Gallo, 2021). Este cambio hacia alimentos nutritivos ha impulsado la demanda de productos funcionales e innovadores, como barras de cereales, en lugar de los tradicionales snacks altos en azúcar y grasas saturadas que presentan problemas de salud. Según una investigación de Aina Forward, el 73% de personas prefieren snacks elaborados con quinua 55%, frutos secos 47%, aloe vera 41% (Gallo, 2021). Las barras de cereales son snacks elaborados mediante el prensado de cereales con frutos secos, y aglutinante (jarabe, miel, glucosa) (Svetlana Aleksejeva et al., 2017).

La industrialización de frutas y verduras generan aproximadamente el 50% de subproductos (cáscaras, tallos, hojas y pulpa), que a menudo se desechan, ocasionando impacto ambiental, pérdida de nutrientes, así como compuestos bioactivos (Gómez y Martínez, 2018). Entre estos subproductos, cáscara de papaya, bellota de plátano son ejemplos de ingredientes no convencionales que a pesar de no ser comúnmente utilizados en la preparación de alimentos, poseen propiedades nutricionales, funcionales y sostenibles. Estos subproductos tienen un gran potencial para ser transformados en coproductos alimenticios de alto valor agregado, contribuyendo a la economía circular. El frijol común (*Phaseolus vulgaris* L.), una leguminosa poco consumida debido a su difícil cocción es una excelente fuente de proteínas, carbohidratos,

fibra dietética, bajo en grasas (Ryland et al., 2010). La inclusión de harina de frijol en barras de cereales facilita su consumo mejorando su valor nutricional.

El consumo de cereales se ha expandido desde la mesa del desayuno a cualquier momento del día, estos productos se han convertido en un excelente vehículo para la inclusión de ingredientes funcionales en la dieta de los consumidores. La formulación de productos con más de dos ingredientes es compleja; sin embargo, el diseño de mezclas, como el simplex-centroide, facilita la combinación óptima de estos ingredientes en función de sus características sensoriales, funcionales y nutricionales. La prueba Check All That Apply (CATA) permite evaluar sensorialmente un alimento considerando una lista de descriptores sensoriales específicos. Por tanto, se propone realizar un estudio integral que evalúe las propiedades sensoriales, texturales, fisicoquímicas y antioxidantes de una barra nutricional elaborada con cáscara de papaya, flor de plátano y frijol Huallaguino. Este enfoque permitirá explorar el potencial de estos ingredientes no convencionales en la elaboración de un snack saludables y sostenibles.

Objetivo General

Evaluar las propiedades sensoriales, texturales, fisicoquímicas y antioxidantes de barras nutricionales formuladas con ingredientes no convencionales.

Objetivos específicos

- Optimizar y validar la barra nutricional con el diseño de mezclas simplex-centroide con restricciones mediante la aceptabilidad de los atributos textura, color, aroma, sabor, apariencia general y aceptación global.
- Evaluar las propiedades sensoriales de la barra elaborada con ingredientes no convencionales (flor de plátano, frijol Huallaguino y cáscara de papaya) mediante la prueba marque todo lo que corresponda (CATA).
- Evaluar las propiedades texturales de la barra nutricional.
- Determinar los antioxidantes (fenoles totales, flavonoides totales, DPPH^{o+} y ABTS^{o+}) de la barra nutricional.
- Determinar las propiedades fisicoquímicas de la barra nutricional.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. Antecedentes

Mendes *et al.* (2013) evaluaron la estabilidad oxidativa, las variaciones en la composición química y el potencial antioxidante de barras de cereales elaboradas con cáscaras de manzana, papaya con nueces de barú envasadas en diferentes tipos de empaques. Los tipos de empaque utilizados para las barras preparadas fueron: laminado sin vacío (LWV), transparente sin vacío (TWV), transparente al vacío (TV) y laminado al vacío (LV); donde analizaron aspectos como la composición proximal, perfiles de ácidos grasos, actividad antioxidante y capacidad oxidativa. Los resultados mostraron que las barras de cereal elaboradas con cáscara de fruta y barú son fuentes de proteínas, fibra dietética, grasas, especialmente ácidos grasos insaturados como el oleico y linoleico. Las barras de cereal exhibieron estabilidad oxidativa hasta los 120 días de almacenamiento, notándose que el tipo de empaque no fue significativo para las variables evaluadas; por lo tanto, se pueden almacenar en envases de bajo costo como envases transparentes sin vacío por un período de 120 días.

Ramírez-Jiménez *et al.* (2018) evaluaron la aceptación, el contenido nutricional y compuestos bioactivos de una barra de snack elaborada con harina de frijol común y avena. Utilizaron un diseño de mezcla para generar 27 combinaciones de diferentes ingredientes que se evaluaron en una prueba de clasificación para seleccionar las formulaciones más preferidas. La proteína, los flavonoides totales y la capacidad antioxidante fueron significativamente más altos ($p < 0,05$) en las dos formulaciones seleccionadas cuando se compararon con una barra de control sin adición de frijoles. Los lípidos, carbohidratos fueron más bajos en las barras de bocadillos que contenían frijoles (8 y 5 g/100 g, respectivamente), ello generó una reducción del contenido de energía (11–12% kcal), la fibra dietética total se incrementó en un 60% en las barras con frijoles agregados. Una prueba de aceptación con los consumidores que utilizó una escala hedónica de 9 puntos y una escala "casi correcta" mostró que los atributos de textura, como la frescura, dureza, estaban dentro de la tasa de agrado de los consumidores; sin embargo, el sabor, la sensación en la boca deben optimizarse para mejorar la aceptación. Sugieren la adición de frijol como una alternativa para agregar valor nutricional a los productos funcionales.

Marques *et al.* (2015) realizaron una caracterización química y sensorial de barras de cereal, donde utilizaron harinas de semilla de calabaza (PSF) con diferentes granulometrías: PSF 1 (granulometría media) y PSF 2 (granulometría gruesa) en la elaboración de barras de cereal (CB). Se prepararon cinco formulaciones: CB-1 (control - 25% avena integral y 0% PSF); CB-2 (12,5% PSF 1 y 12,5% avena integral); CB-3 (25% PSF 1 y 0% avena integral); CB-4

(12,5% PSF 2 y 12,5% avena integral); y CB-5 (25% PSF 2 y 0% avena integral). La prueba de aceptación indicó que las barras CB-2 y CB-5 tuvieron la máxima puntuación hedónica, además mostraron un incremento de proteína bruta (87,5% y 62,5%) y de fibra dietética (77% y 44%), respectivamente.

Appelt *et al.* (2015) emplearon harinas obtenidas a partir de cáscara de jabuticaba y okara como ingredientes en el desarrollo de tres formulaciones de barras de cereal. Los productos obtenidos se caracterizaron por parámetros fisicoquímicos, calidad microbiológica y aceptación sensorial. Las barras mostraron alto contenido de proteína (8,9 a 9,2 g 100⁻¹ g) y fibra (7,25 a 9,05 g 100⁻¹ g) y los puntajes promedio asignados por los jueces en las pruebas de aceptación por escala hedónica fueron superiores a 7 en los atributos color, textura, sabor e impresión general. Los resultados obtenidos mostraron que la producción de barras de cereal puede ser una alternativa viable para el aprovechamiento tecnológico de la cáscara de jabuticaba y okara.

Tasnim *et al.* (2020) evaluaron la calidad nutricional, textural, sensorial de tortas simples enriquecidas con harina de flor de plátano para determinar su relevancia nutricional e idoneidad para mejorar la salud nutricional de las poblaciones. Se pretrataron flores frescas de banano con combinaciones de miel (15%) con solución de ácido cítrico al 2% (HCA), solución de ácido cítrico al 2% (CAS), agua de enjuague de arroz (RRW) para inhibir el oscurecimiento enzimático seguido de deshidratación y molienda. El pretratamiento de flores de banano con HCA, CAS y RRW dio como resultado una mejor retención de diferentes minerales (Fe, Ca y K), una mejora en el color de la harina. La suplementación con harina de flor de banano tratada con agua de enjuague de arroz (RRW-BBF) incremento el contenido de humedad, proteína, grasa, ceniza de las tortas desarrolladas, pero redujo el contenido de carbohidratos, así como la energía; la incorporación de RRW-BBF disminuyó el volumen, altura, pérdida por horneado, mientras que aumentó el peso de las tortas simples, pero redujo el L* y b* de la miga de la torta, mientras que a* mejoró las tortas suplementadas con RRW-BBF al 4% mostraron una aceptabilidad significativamente mejor (p<0,05), estos fueron similares a la torta de control en color, sabor, aceptabilidad general. Este estudio concluye que la harina de flor de plátano se puede complementar en tortas simples hasta en un 4% para mejorar el valor nutricional de las tortas.

2.2. Aspectos generales de la harina de frijol

2.2.1. Definición de frijol

Phaseolus vulgaris L. es conocido en Hispanoamérica por los nombres de frejol, frijol, frijol común, fríjol, caraota, poroto, judía, alubia, feijao, bajoca, faba, purutu (quechua) y chuwi (aymara), pertenece a la familia de las Fabaceae y subfamilia Papilionoideae; es una leguminosa de grano, que se encuentra dentro de las proteaginosas por presentar una fuente elevada de proteínas principalmente globulinas, albúminas y glutelinas; es una especie diploide con $2n = 2x = 22$, planta anual, herbácea, con un sistema radicular fasciculado, algunos son fibrosos, con el tallo como eje central, con una sección cilíndrica o angular, pudiendo ser erecto, semipostrado o postrado dependiendo del crecimiento determinado o indeterminado de la variedad. Son consumidos en forma de vainas, como semillas secas o semillas maduras cocidas en sopas y caldos; nutricionalmente contiene 20-25% de proteínas, 50-60% de carbohidratos, 0,5-2,5% de grasa, 4-5% de fibra bruta, 4-8 mg de hierro, 25-50 mg de calcio y 50-150 mg de magnesio en 100 g; conteniendo también vitaminas como tiamina, riboflavina, niacina y ácido fólico (Espinoza de Arenas et al., 2022).

2.2.2. Frijol huallaguino

Las variedades de frijol común se clasifica de acuerdo a la forma de consumo como grano seco, grano tierno, vainas verdes (habichuela o vainita) y grano tostado (ñuña o poroto); por la duración del período vegetativo como precoces y tardías; por la reacción al foto período como sensibles, insensibles y neutras; por la reacción a factores limitantes de la producción como resistentes y susceptibles; por el hábito de crecimiento como hábito determinado “Tipo I” (arbustivo) e indeterminado “Tipos II, III y IV” (trepador) y considerando características del grano se clasifica según el tamaño, forma y color; la primera como pequeños (menores de 25 g en 100 semillas o mayores de 250 granos en 100 g), medianos (25-40 g en 100 semillas o 250-200 granos en 100 g) y grandes (mayores de 40 g /100 semillas o menores a 200 granos en 100 gramos); la segunda como redondo, elíptico y ovoide, siendo la tercera la clasificación más práctica. La Unidad de Recursos Genéticos del CIAT en su catálogo descriptivo del germoplasma de frijol común, presenta en la clasificación de acuerdo con el color, ocho grupos de colores (blanco, crema, amarillo, pardo o marrón, rosado, rojo, morado y negro) que corresponden a siete familias de colores, incluyendo una serie de tonalidades (Voysest, 2000).

Dentro del grupo amarillo se encuentra la variedad Huascaporoto, tipo Ucayalino y Huallaguino. Este último es cultivado en la selva alta y baja del Perú, cuyo

rendimiento es de 1000 a 1200 kg/ha; la planta desarrolla un promedio de 200 vainas, donde cada vaina contiene de 8 a 10 granos; es una planta trepadora de 2 metros de altura promedio (Reátegui, 2018), tiene un periodo vegetativo que se extiende por 120 días; el grano es de color amarillo de tonalidad mostaza o rojizo, de brillo opaco, con un hilum de color marrón, de tamaño pequeño a mediano con 100 semillas que pesan entre 25 a 35g (MINAGRI, 2016).

2.2.3. Elaboración de la harina de frijol

La harina se define como el producto molido de legumbres u otras semillas que proporcionan estructura a productos horneados (Hughes et al., 2020). Las harinas de legumbres son ingredientes funcionales que se usan en muchos productos alimenticios, como pan, pasta, galletas saladas y barras de bocadillos (Akkad et al., 2023).

Para la obtención de harina los granos de frijol se pesan, se separan de los terrones, virutas, hojas y granos con daños por insectos o hongos, se lavan para eliminar la tierra o polvo adherido, se remojan en agua durante 6 horas, se cocina a 94°C con agua en una proporción 1:1, se dejan enfriar, se trituran, se extienden en bandejas con un espesor de 2 cm, se dejan secar en horno a una temperatura de 75°C por 7 horas, se muelen en seco en un molino y se envasan para conservarlo en un lugar fresco (Hernández et al., 2017).

2.3. Aspectos generales del deshidratado de flor de plátano

2.3.1. Definición de plátano

Es un término que incluye una serie de híbridos del género *Musa* entre bananos y plátanos, en árabe banan significa dedo; es una planta perenne, no gramínea, nutritiva y accesible, consumida verde o madura, crece a partir de un tallo falso llamado “pseudotallo” (tronco principal), que se forma en la base de las vainas foliares apretadas; el rizoma subterráneo que es el tallo aéreo donde se unen las hojas y el pedúnculo unido a la inflorescencia, forman el verdadero tallo; el ápice del brote se encuentra en el suelo y emerge como una inflorescencia para la producción de frutos; en la base de la planta se forman hijuelos, lo que ayuda a la propagación de nuevas plantas (Pereira y Maraschin, 2015). El plátano se cultiva en zonas tropicales y subtropicales, es un importante cultivo alimentario en muchos países de África y Asia (Maseko et al., 2024).

2.3.2. Taxonomía, nomenclatura y variación genética del plátano

El género *Musa* tiene más de 50 especies, pertenece a la clase Monocotiledóneas, orden Zingiberales, familia Musaceae; abarca cultivares de plátanos

comestibles, que son un complejo genético fabricado a partir de dos especies silvestres originarias del sudeste asiático, *Musa acuminata* Colla (genoma A) y *Musa balbisiana* Colla (genoma B), por poliploidía e hibridación de genomas; estos confieren rasgos específicos que influyen en la composición metabólica. El genoma A se encuentra presente en la mayoría de los híbridos dando lugar a la partenocarpia, confiere sabor y calidad a la fruta, mientras que el genoma B contribuye a un crecimiento vigoroso; generando así híbridos diploides (AA, AB, BB), triploides (AAA, AAB, ABB, BBB) y tetraploides (AAAA, AAAB, ABBB, AABB) (Maseko et al., 2024).

La diversidad de especies y subespecies ha llevado a que el género se divida en tres secciones a partir de las cinco tradicionales: *Musa* ($2n=22$, incorporando *Rhodochlamys*), *Callimusa* ($2n=20$, incorporando *Australimusa*) y la sección de una sola especie *Ingentimusa* ($2n=28$) (Pareek, 2016). Según la clasificación de Linneo en 1783, se dio el nombre de *M. sapientium* L. a los plátanos que se comen crudos (AA, AAA, AAB), estos son amarillos y dulces cuando están completamente maduros y *M. paradisiaca* L. a los plátanos para cocinar (AAB, ABB, BBB), que son preparados en distintas etapas de madurez y son menos dulces cuando están crudos, debido a su textura desagradable provoca sensación granular y dura en la boca; en lugar del nombre de la especie, se utiliza un genoma A o un genoma B que muestre el origen y la contribución de las dos especies progenitoras; si una variedad triploide cuyo origen sea *M. acuminata* (variedades "Giant Cavendish" y "Gros Michel") se denominará Musa AAA, en caso de que el triploide tenga un tercio de *M. balbisiana* y dos tercios de *M. acuminata*, se le denominará Musa AAB; si en caso exista un subgrupo se debe agregar el nombre común de la variedad, por ejemplo, Musa AAA (subgrupo 'Cavendish') 'Robusta', Musa AA 'Pisang Mas' y Musa ABBB 'Kluai Téparod' (Pereira y Maraschin, 2015).

Dentro de los plátanos de cocina, llamados también plantaines, triploides, denominados Musa grupo AAB (subgrupo 'plátano'); se encuentra el clon "Inquirí" o "Dominico", que pertenecen al tipo francés, presentan racimos de frutos numerosos (84 números de dedos por racimo) y de tamaño mediano (160 g cada dedo), son plantas robustas de pseudotallo color rosado-amarillo con manchas (de 3 m altura y 20 cm de diámetro), cuyas flores masculinas son de color amarillo; y Musa grupo ABB (subgrupo 'Bluggoe') se encuentra el clon "Sapo" conocido en Perú como cuadrado o sapino, que son compactas, angulares y perpendiculares al eje florífero (Pereira y Maraschin, 2015).

2.3.3. Flor de plátano

La inflorescencia del plátano, es conocida como “flor de plátano”, “bellota” o “corazón de plátano”, es un botón floral que tiene una estructura en forma de corazón de color rojo púrpura oscuro (brácteas) ubicado al final del tallo o pedúnculo, se originan a partir de la yema vegetativa del cormo transformado, esta yema aumenta de volumen e inicia su viaje por el centro del pseudotallo, es un cambio que se manifiesta externamente con la aparición de la bellota; las flores se disponen en dos hileras, formando círculos concéntricos, se hallan dispuestas de forma que los nódulos basales, donde cada nódulo contiene de 12 a 20 flores, que se agrupan en dos filas ubicadas en la base de las brácteas que las recubren y protegen, tienen flores femeninas y flores masculinas distales, pudiendo existir un nódulo intermedio con flores hermafroditas; los primeros 3 a 9 nódulos de flores son femeninos, suelen ser las más grandes y tienen en su base un ovario bien desarrollado y cinco estambres atrofiados, durante la fructificación los ovarios se transforman en frutos comestibles, mientras que las flores hermafroditas con ovarios más pequeños dan frutos pequeños, malformados y de escaso valor comercial y las masculinas, tienen un ovario atrofiado y cinco estambres bien desarrollados, estos no llegan a convertirse en frutos, se caen a medida que se desarrollan los frutos; la estructura restante ‘bellota’, se elimina cuando los plátanos han alcanzado un cierto tamaño, para evitar que interfiera con el crecimiento y maduración de los frutos (Lau et al., 2020).

La flor de plátano contiene; dos tipos de aminoácidos, esenciales (treonina, leucina y valina) y no esenciales (ácido aspártico, ácido glutámico y alanina), ácidos grasos (como ácido linoleico, ácido palmítico y ácido oleico), minerales como macroelementos (Mg y Ca) al 58,3% y microelementos al 7,3% (Fe, Cu y Zn), carbohidratos (incluyen ramnosa, arabinosa, xilosa, galactosa y glucosa); también contienen compuestos bioactivos (polifenoles, ácidos fenólicos y flavonoides) que tienen actividad antioxidante, antimicrobiana, antidiabética y antiinflamatoria, junto con fitoesteroles que tienen propiedades reductoras del colesterol (Pinyo et al., 2024).

2.3.4. Deshidratado de la flor de plátano

La deshidratación es un proceso de transferencia de masa que elimina la humedad de los alimentos para reducir el volumen del producto, se ha utilizado durante mucho tiempo para conservar productos, porque es simple, fácil de usar y rentable. La deshidratación puede mejorar las operaciones de manipulación y procesamiento al reducir el volumen de los alimentos y los costos de envasado, procesamiento, almacenamiento y transporte (Adeyeye et

al., 2022). El deshidratado de flor de plátano se obtiene, separando las brácteas de las flores, cortando un grosor de 3 mm y remojando directamente en una solución de ácido cítrico al 0,2% durante 30 minutos, escurriendo, extendiendo en bandejas, secando a 50°C en un deshidratador durante 6 horas en un flujo cruzado de aire caliente a un caudal de 0,305 m/s y moliendo en tamices de malla 30 (Wickramarachchi y Ranamukhaarachchi, 2005).

2.4. Aspectos generales del deshidratado de cáscara de papaya

2.4.1. Definición de papaya

Carica papaya L. es una planta herbácea perenne que pertenece a la familia Caricaceae, se le conoce como papaya o melón de árbol; es originaria de América tropical, crecen bien en los trópicos y pueden alcanzar hasta 10 m de altura, suele tener un tallo único, semileñoso, hueco y erecto, terminando en un racimo de hojas grandes palmeadas y lobuladas, con peciolo de 25-100 cm de largo, conteniendo látex en sus tejidos, cuenta con flores de cinco pétalos, carnosas y levemente fragantes que pueden ser masculinas, femeninas o hermafroditas, producen frutos; que poseen una forma ovalada a redonda (femenina), alargada y cilíndrica o piriforme (hermafrodita), con un tamaño promedio de 15 a 50 cm de largo, 10 a 20 cm de grosor y un peso de 1 a 3 kg (Singh y Sudhakar, 2011). La fruta de papaya, semillas, cáscaras y hojas de papaya tienen valores nutraceuticos, lo que los hace importantes en la dieta humana, son ricas en macro y micronutrientes en diversos grados; la fruta se consume cruda o procesada como jalea, dulces, mermelada y encurtidos (Dotto y Abihudi, 2021).

2.4.2. Partes del fruto de la papaya

El fruto inmaduro tiene piel verde, pulpa de color verdoso a blanco y es rico en látex blanco lechoso, cambiando a un color amarillo intenso o naranja rojizo a medida que la fruta madura. La pulpa de la fruta madura es aromática, jugosa y de color amarillo, naranja, rosa o rojo salmón con numerosas semillas pequeñas, de color gris oscuro a negro, ovoides y picantes agrupadas en la cavidad central (redondas o estrelladas), estas semillas suelen estar adheridas a la pulpa mediante un tejido fibroso blanco y suave, tienen arilos transparentes y gelatinosos (Singh y Sudhakar, 2011); está formada principalmente por tejido parenquimatoso organizado en tres capas distintas; la capa exterior compuesta por células más pequeñas ricas en plastidios, la zona mediana está compuesta de células más grandes y redondas, ricas en espacios intercelulares, y la región interna que es un parénquima esponjoso con células estiradas y ramificadas con abundantes espacios aéreos (Jiménez et al., 2014).

2.4.3. Cáscara de papaya

La cáscara de papaya es considerada un subproducto, ya que es descartada por la industria alimentaria y representa alrededor del 12% del peso total de la fruta y se ha utilizado en aplicaciones medicinales, como en productos cosméticos, debido a su actividad antioxidante y buenos beneficios (Jiang et al., 2022). Contiene una buena cantidad de fibra dietética (9-35%), son conocidas por proporcionar varios beneficios a la salud; eliminan toxinas del sistema digestivo y reducen los niveles de colesterol; dentro de su característica fisicoquímica contienen entre un 68-87% de humedad, 7 – 20% de proteínas, 0,2 - 2% de grasa y entre un 3 - 12% de cenizas, son fuente de minerales y oligoelementos (Dotto y Abihudi, 2021).

2.4.4. Deshidratado de cáscara de papaya

El secado al aire caliente es uno de los métodos tradicionales que se utiliza para la deshidratación de alimentos mediante algunos tipos de secadores, como el secador de gabinete o el secador de lecho fluidizado (Yousefi et al., 2013).

Para la deshidratación de la cáscara de papaya, se seleccionan según su estado de maduración, uniformidad de color, tamaño promedio y ausencia de defectos, estos se lavan y desinfectan con una solución de hipoclorito de sodio de al 200 ppm, se pelan manualmente, se cortan las cáscaras en trozos pequeños y se lavan con agua corriente para eliminar el mucílago, se esparcen en bandejas y se secan en un horno a 45 °C durante 4 días (dos Santos et al., 2014).

2.5. Aspectos generales de barras alimentarias

2.5.1. Definición de barras alimentarias

Es un producto alimenticio en forma de barra, elaborado al comprimir cereales, frutas o bayas secas, típicamente unidas con jarabe de glucosa; las barras de cereales entran en la misma categoría que los snacks, muesli, dulces y cereales para el desayuno (Svetlana Aleksejeva et al., 2017). Son populares entre consumidores que necesitan una fuente rápida de energía debido a limitaciones de tiempo para comidas adecuadas; son conocidas frecuentemente como barritas energéticas, barritas, barras de proteínas, barras de frutas, barras de cereales, barras de granola, barras de nueces, barras deportivas, entre otras, según los ingredientes utilizados y su uso final (Aakash Gill et al., 2022).

Estas barras son consideradas alimentos convenientes y compactos que proporcionan carbohidratos, proteínas y grasas. Pueden ser ricas en fibra y antioxidantes

fenólicos derivados de cereales o frutas, potencialmente funcionando como alimentos funcionales que ayudan a fortificar dietas y combatir deficiencias nutricionales. El uso de subproductos y residuos alimentarios agroindustriales como ingredientes en la elaboración de barritas alimenticias es de gran importancia debido al aprovechamiento de remanentes de considerado valor nutricional y funcional, reduciendo costos de producción (Ayad et al., 2020).

2.5.2. Clasificación de barras alimentarias

Sharma et al. (2014) mencionan que desde el punto de vista nutricional, las barras alimenticias se pueden clasificar en cuatro tipos, como barras fibrosas que tienen un alto contenido en fibras y glucosa con un valor energético cercano a las 100 kcal por unidad; barras energéticas que contienen 280 kcal, aportan energía de fácil absorción porque contienen menos fibra y tienen un alto valor calórico; barras dietéticas (light) que solo tienen 65 kcal y se consideran sin azúcar y las barras proteicas con aproximadamente 17 g de proteína por unidad, así como un menor contenido de grasa.

Según Gill et al. (2022) las barras alimenticias se clasifican en barras enriquecidas con proteínas, barras para astronautas, barras para gimnastas, barras para el ejército, barras de sedentarismo y barras para deportistas.

Barras enriquecidas con proteínas: La barra de avena es un snack que puede ser horneado o procesado en frío. En el Reino Unido e Irlanda se conoce como flapjack, en Canadá, EE.UU. y Sudáfrica como barra de granola, en Australia, Nueva Zelanda como muesli o barra de cereal. Estas barras suelen contener semillas comestibles, nueces, frutas, azúcar moreno, almíbar, yogur, cacao, una variedad de rellenos, coberturas y guarniciones. En Australia, el consumo per cápita de barras de cereales es uno de los más altos del mundo, situándose en el tercer puesto, después de Canadá y Estados Unidos; más del 15% de los niños, 7% de los adultos en Australia consumen este tipo de barras, reflejando su popularidad y aceptación en la dieta cotidiana.

Barras para astronautas: En 1960, Pillsbury recibió un contrato para desarrollar un refrigerio espacial que debía ser consumido dentro de los trajes espaciales; este producto fue conocido como Space Food Sticks, ideado por Howard Bauman, el jefe de tecnología alimentaria de la empresa. Se trataba de barras alimenticias compactas, ricas en nutrientes, diseñadas para proporcionar energía rápida a los astronautas durante sus misiones espaciales; cada barra tenía aproximadamente veinte centímetros de largo, estaba moldeada en forma de regla, permitiendo que los astronautas la consumieran al fijarla con velcro dentro del casco y morderla directamente. Durante el programa Apolo, las Space Food Sticks se comercializaron principalmente para niños y personas interesadas en controlar su peso; estas barras, disponibles

en sabores como chocolate, mantequilla de maní y caramelo, venían empaquetadas individualmente en cajas de 14 unidades. En 1972, los astronautas del Skylab-3 consumieron versiones modificadas de estas barras para asegurar su compatibilidad con el sistema digestivo en condiciones de gravedad cero. En años más recientes, los científicos de alimentos de la NASA han desarrollado nuevas "barras de comida" destinadas a las tripulaciones de naves espaciales; estas barras, diseñadas como sustitutos de comidas, incluyen sabores como nuez de plátano, nuez de barbacoa, naranja, arándano, y vainilla de jengibre.

Barras para gimnastas: Un estudio evaluó el impacto de una barra de alimentos rica en proteínas, baja en carbohidratos, comparándola con una fuente de carbohidratos antes, durante y después de entrenamientos intensos en doce hombres entrenados en resistencia. La barra experimental contenía 20 g de proteína de suero, 25 g de isomalto-oligosacáridos, 7 g de grasa. Se realizaron once sesiones de entrenamiento, se evaluaron marcadores sanguíneos de catabolismo e inflamación, así como pruebas de fuerza isocinética. Los resultados sugirieron que la barra alimenticia mejoró la homeostasis de la glucosa, mantuvo el rendimiento durante el entrenamiento, redujo el malestar muscular post-entrenamiento. Además, mostró una respuesta insulinémica comparable a la de carbohidratos de alto índice glucémico, pero con una menor incidencia de hipoglucemia. Este estudio indica que el consumo de esta barra podría ser beneficioso para la recuperación, el mantenimiento del rendimiento durante entrenamientos intensos en individuos entrenados en resistencia.

Barras para el Ejército: El Ejército de los EE. UU. introdujo una nueva barra nutricional rica en calcio y vitamina D para prevenir fracturas por estrés durante actividades físicas intensas. Esta iniciativa surgió debido a informes que indicaban que el 18% de los soldados sufrían tales fracturas, especialmente aquellas con niveles bajos de vitamina D. Además, desde 1996 el Ejército ha utilizado la "barra de combustible para soldados", una barra energética a base de lácteos que proporciona 270-280 calorías, 10 g de proteínas, 8-9 g de grasas y 40-42 g de carbohidratos. Originalmente desarrollada como una barra de supervivencia, se distribuye junto con raciones de campo, ahora está disponible comercialmente desde 2004.

Barras de senderismo: La mezcla de frutos secos, conocida como scroggin, es muy popular entre los excursionistas y montañistas debido a su valor nutritivo, ligereza, facilidad de almacenamiento. Tradicionalmente compuesta por granola, nueces y frutos secos, esta mezcla puede transformarse en barras al combinarla con jarabes y seguir otros procesos de elaboración. Es un refrigerio ideal para caminatas, ya que proporciona energía rápida a través de los carbohidratos de la granola y los frutos secos, así como energía sostenida proveniente de las grasas saludables presentes en las nueces.

Barras para deportistas: Se han desarrollado barras enriquecidas con zinc para deportistas, que incluyen semillas de calabaza junto con avena, copos de trigo, miel, azúcar, almendras y pasas; estas barras están diseñadas para mejorar la salud general de los atletas, basándose en investigaciones previas que indican que una dieta rica en zinc puede beneficiar la reparación muscular post-ejercicio, tener efectos positivos en los niveles hormonales. Es crucial consumir alimentos que proporcionen proteínas y carbohidratos dentro de la primera media hora después del ejercicio, nuevamente dentro de una o dos horas, para permitir la recuperación muscular, la reposición de glucógeno.

2.5.3. Proceso de elaboración de barras alimentarias

Según Boukid et al. (2022) el primer paso consiste en preparar una mezcla aglutinante que tenga un alto contenido de azúcar (alto valor brix); el objetivo principal es crear un "pegamento" mediante diversos métodos, como cocinar el aglutinante para eliminar el agua, mezclar jugos concentrados con frutas secas, cereales u hornear toda la mezcla. Las principales modificaciones en la estructura y consistencia incluyen cocinar, extruír, inflar/reventar y germinar los granos; estas modificaciones pueden reducir la fibra y los micronutrientes (a través del descascarado), aumentar la disponibilidad de almidón (mediante cocción, extrusión, inflado/reventado y germinación), alterar la cantidad y accesibilidad de micronutrientes y componentes bioactivos (mediante germinación).

Para el proceso de elaboración de barras alimenticias es necesario considerar los pasos descritos a continuación.

Mezclado: Los ingredientes secos como cereales, nueces y/o pseudocereales se suelen mezclar con el aglutinante en proporciones que varían de 1:1 a 4:1. Estos ingredientes se añaden gradualmente y se mezclan completamente (durante 30 segundos a 5 minutos, dependiendo del método de mezclado continuo o por lotes) utilizando una mezcladora de paletas. Esto asegura una distribución uniforme del aglutinante sobre la superficie de los ingredientes secos.

Compresión- procesamiento en caliente o en horno: La mezcla se extiende y luego se comprime gradualmente (lámina) a través de una serie de rodillos hasta alcanzar el grosor deseado. Después, la lámina se seca, tuesta u hornea hasta alcanzar la humedad adecuada, y luego se corta en barras. Sin embargo, este proceso tiene algunas limitaciones económicas debido al alto consumo de tiempo, energía necesario para el corte y la producción de residuos no reciclables. Estos residuos a menudo se muelen y se reincorporan a la mezcla en la siguiente producción, pero pueden afectar la calidad final de las barras debido a cambios en las propiedades inherentes o a la variabilidad en el tamaño de las partículas.

Compresión- procesamiento en frío: El proceso implica la compresión, laminación de una mezcla de ingredientes secos con un sistema aglutinante, manteniendo un valor de actividad de agua por debajo de 0,5 y trabajando a temperatura ambiente o cercana. Posteriormente, se procede a cortar directamente la mezcla en barras, prescindiendo de la necesidad de secado, tostado u horneado del producto final.

Procesamiento basado en extrusión: Después de mezclar los ingredientes secos y el sistema aglutinante, la mezcla, conocida como "masa" y con aproximadamente un 6% de contenido de humedad, se deja reposar; este reposo permite que el agua actúe como agente plastificante, suavizando la textura de los ingredientes secos debido a la migración del agua entre ellos. Luego, la masa se alimenta a una extrusora, donde se mezcla aún más y se le da forma de barra y se hornean para reducir su contenido de humedad a menos del 4%.

Recubrimiento: Aplicar un recubrimiento de almíbar, caramelo, chocolate o glaseado es un paso opcional pero crucial para obtener productos finales brillantes y atractivos; este recubrimiento completo desempeña un papel significativo como barrera protectora que reduce la migración de humedad, la pérdida de sabor y la oxidación. Además, preserva la integridad estructural del producto, contribuye a prolongar su vida útil. En contraste, los recubrimientos como lloviznas o recubrimientos parciales no funcionan como barrera contra el agua, sino que simplemente proporcionan soporte físico a la barra, ya que tienden a mantenerse firmes a temperatura ambiente.

2.5.4. Composición química-proximal

Gill y Meena (2020) indican que las barras alimenticias, de peso entre 45-80 g, suelen contener entre 3-9 g de grasa, 7 a 15 g de proteína, y 20 a 40 g de carbohidratos, proporcionando alrededor de 200 a 300 kcal de energía. La grasa es un componente rico en calorías que contribuye significativamente a su contenido energético; sin embargo, para consumidores específicos, es importante minimizar su cantidad. Las barras proteicas tienden a tener un mayor contenido de grasa en comparación con las barras energéticas, que suelen tener concentraciones más altas de carbohidratos. Ambos tipos de barras suelen incluir componentes a base de cereales, ricos en fitonutrientes conocidos por sus beneficios biológicos y fisiológicos cuando se consumen en cantidades adecuadas. Además de ser fuentes de calorías, las grasas, proteínas y carbohidratos presentes en estas barras también proporcionan compuestos bioactivos como ácidos grasos y péptidos. La liberación de estos compuestos está influenciada por la composición específica de proteínas y grasas en la barra. Durante la digestión, las proteínas pueden generar péptidos bioactivos que ofrecen beneficios fisiológicos específicos al

consumidor. Las barras alimenticias fuentes convenientes de energía que combinan macronutrientes clave y fitonutrientes, contribuyendo tanto a las necesidades calóricas como a la salud potencial del consumidor.

2.6. Conceptos básicos de análisis sensorial

2.6.1. Historia y definición

La humanidad desde hace miles de años sin tener conocimiento ha utilizado los sentidos de la vista, olfato, gusto y tacto para evaluar los alimentos y distinguir su buen estado, debido a que las fitotoxinas y metabolitos bacterianos son amargos, ácidos o rancios. Con el desarrollo de la civilización, el comercio y las ventas también se fue desarrollando las pruebas sensoriales. En la década de 1940 y 1950 se convirtió en un foco de atención para el Instituto de Contenedores y Alimentos del Intendente del Ejército de los EE.UU, centrándose en la investigación sobre la aceptación de alimentos por parte de las fuerzas armadas (Clark et al., 2009). El análisis sensorial surgió por la razón de mejorar la calidad sensorial de las raciones para los soldados militares, en ese entonces era conocido como “aceptación de alimentos” o “preferencias alimentarias”, hasta que en 1961 se mencionó por primera vez como “análisis sensorial” (Mahieu, 2021). Se comprendió que la evaluación sensorial puede aportar información pertinente y valiosa relacionada con las consecuencias del marketing, al mismo tiempo proporcionar información directa y procesable; la solidez de la nueva ciencia se estableció con la organización de las pruebas a través de una estructura básica, utilizando criterios definidos y selección de sujetos, basándose en la habilidad sensorial o el mercado objetivo. El campo de la ciencia sensorial se incrementó en 1970 al ser utilizado en el proceso de investigación y desarrollo (I+D) de la industria de alimentos, para incrementar la calidad sensorial de los productos desarrollados (Clark et al., 2009).

Howgate (2015) indica que la industria alimentaria tradicionalmente consideraba a la evaluación sensorial en el contexto de la empresa “experto” (N de 1), quien con el tiempo logró describir, así establecer estándares de calidad de los productos, en la industria conservera los expertos proporcionaban la base en el desarrollo de “sesiones de corte” y “abejas enlatadas”, donde evaluaban comparando los productos con la competencia, usaban abejas cortadoras para evaluar la calidad general del producto. Con el crecimiento de la economía, competencia, evolución de los alimentos procesados, los expertos enfrentaron cada vez más dificultades para mantenerse al tanto de todos los avances relacionados con los intereses de sus propios productos, además las líneas de productos se expandieron tanto que dificultó que un experto tenga un conocimiento detallado de todos los productos e impacto de

las diferentes tecnologías. Para abordar este problema, algunas empresas recurrieron a la evaluación sensorial (a la que a menudo se hacía referencia como “análisis organoléptico” en la literatura antigua). Arthur D. Little Company introdujo el método del perfil de sabor, una forma cualitativa de análisis descriptivo que minimizaba la dependencia del experto técnico. Si bien el concepto de experto técnico era y sigue siendo motivo de preocupación, el procedimiento de perfil de sabor reemplazó al individuo por un grupo de seis expertos (que ellos capacitaron) responsables de llegar a una decisión consensuada. Este enfoque provocó controversia entre los psicólogos experimentales preocupados por el concepto de decisión grupal y la influencia potencial de un individuo (en el grupo) en esta decisión consensuada. No obstante, en ese momento, el método proporcionó un punto focal para la evaluación sensorial, creando un nuevo interés en la disciplina, ello estimuló más investigación y desarrollo en todos los aspectos del proceso sensorial.

El análisis sensorial se define como una ciencia involucrada en la evaluación de los atributos organolépticos mediante los sentidos de la vista, olfato, gusto, tacto y oído; teniendo como objetivo identificar las características perceptibles de un producto, usando los sentidos humanos como instrumento de medición. Es un campo en evolución, incorpora técnicas de diferentes disciplinas científicas; estudia cómo reaccionan los humanos ante diferentes estímulos, resulta ser compleja ya que en el mecanismo de sensación, percepción interviene múltiples factores; se basa en protocolos, procedimientos estándar unificados, utilizados para comprender las interacciones entre estímulos y las respuestas humanas (Jain y Gupta, 2004).

2.6.2. Análisis sensorial en la práctica y aplicaciones

El estudio del análisis sensorial se lleva a cabo determinando los objetivos del estudio, definiendo el espacio del producto, eligiendo los métodos sensoriales, determinando los requisitos previos para los miembros del grupo y reuniéndolos, planificando, realizando el experimento, analizando e interpretando los resultados recopilados. El análisis sensorial se utiliza en la industria para guiar el desarrollo de productos, desarrollar productos que sean reconocidos por los consumidores, controlar la calidad sensorial de los mismos, estudiar los efectos de los cambios de una formulación, comparar productos existentes con los competidores y ayudar al marketing a mejorar la comunicación del producto (Mahieu, 2021).

2.6.3. Panelistas en el análisis sensorial

Según el propósito de estudio los panelistas pueden ser no capacitados (consumidores) o panelistas capacitados (descriptores). Los panelistas capacitados están bien instruidos en la ciencia sensorial y son reconocidos como el estándar cuando se intenta establecer las propiedades sensoriales de un alimento determinado, estos son seleccionados en función de su agudeza sensorial para las características básicas (sabores, olores y texturas) y su capacidad para discriminar entre productos. Después de la selección, los panelistas reciben una capacitación exhaustiva para adquirir conocimientos sobre los productos alimenticios que se están probando, así como el método de evaluación. Los panelistas capacitados pueden proporcionar a los investigadores información precisa, confiable para utilizar durante el desarrollo de productos alimenticios. Específicamente, los panelistas capacitados pueden distinguir pequeñas diferencias en los productos alimenticios. Los consumidores o panelistas no capacitados son utilizados para completar pruebas hedónicas indicando sus preferencias; es poco probable que los panelistas no capacitados puedan detectar las pequeñas diferencias entre los productos, pero pueden indicar qué productos son aceptables y brindar la perspectiva del consumidor. Un problema con los paneles de consumidores es que es posible que ellos no comprendan el método o las preguntas que se les hacen, y esto puede conducir a resultados poco confiables. Sin embargo, los estudios que involucran a panelistas capacitados requieren mucho tiempo, además de ser costosos debido al largo período de capacitación (Barton et al., 2020).

2.6.4. Atributos sensoriales

Son aquellos estímulos que a través de la percepción sensorial (con los cinco sentidos) de propiedades organolépticas emite un resultado de calidad sobre los alimentos, para cada percepción existen diferentes atributos, tales como sabor, aroma, textura, apariencia y color (Salazar-Duque, 2019). Los atributos sensoriales juegan un papel importante en la aceptabilidad del producto debido a que influye directamente en el éxito de un producto en el mercado (Pereira et al., 2021).

Sabor: Ferreira (2020) señala que el atributo más influyente en la selección y aceptación de un producto por parte del consumidor es el sabor. Este concepto implica la percepción gustativa de varios atributos de calidad del gusto, como dulce, ácido, salado, amargo, los cuales son percibidos por los receptores gustativos ubicados en la lengua y las superficies de la boca. Además de estos cuatro sabores básicos, también se incluyen sabores como umami (sabroso), metálico y astringente. La interacción entre los diferentes compuestos gustativos ha sido objeto

de numerosos estudios. Cuando se presentan múltiples estímulos gustativos juntos, pueden ocurrir diversos efectos, como la mejora o supresión perceptiva de un sabor, el desenmascaramiento de un sabor no percibido inicialmente, o incluso la síntesis química de un nuevo sabor. Esta comprensión de cómo los diferentes sabores interactúan entre sí es crucial para el desarrollo de productos alimenticios que sean atractivos para los consumidores y satisfagan sus preferencias gustativas. Los fabricantes de alimentos y bebidas suelen realizar pruebas exhaustivas para encontrar combinaciones de sabores que generen una experiencia sensorial placentera y agradable para el consumidor.

Aroma: Surge de la interacción de compuestos volátiles que se desplazan a través del conducto nasal durante la inhalación, llegando a la cavidad nasal donde son detectados por el sistema olfativo. Este proceso de detección de compuestos volátiles en el epitelio olfatorio nasal se conoce como olfato ortonasal. La cantidad de estos compuestos en los alimentos varía según su temperatura y composición química. Además, las características de la superficie de los alimentos son relevantes, ya que la difusión de los volátiles es más eficiente en superficies blandas, húmedas, porosas que en superficies duras, secas y lisas. Asimismo, algunos compuestos se liberan como consecuencia de reacciones enzimáticas, como ocurre al cortar cebollas o ajos crudos (Meilgaard, 2007).

Textura: En los alimentos es una expresión sensorial y funcional que resulta de sus propiedades estructurales, mecánicas y superficiales, perceptibles a través de la vista, el oído, el tacto y la cinestesia. Como característica multidimensional, abarca la percepción de tres tipos principales de atributos: mecánicos, que se refieren a cómo responden los alimentos a las fuerzas aplicadas como firmeza, masticabilidad o cohesividad; geométricos, que están relacionados con su tamaño, forma u orientación (lisos, granulados, escamosos o fibrosos); y los relacionados con la humedad o las grasas, que tienen que ver con su contenido de agua y/o grasa (como jugosidad, untuosidad o sequedad). Estos aspectos se perciben al llevar el alimento a la boca, durante la masticación, cuando interactúa con los dientes, la lengua, la saliva, los músculos y articulaciones de la mandíbula, así como con los receptores somestésicos y cinestésicos de la cavidad bucal. Esta complejidad refleja los procesos orales que inciden en la descomposición de la estructura fisicoquímica de los alimentos. Además de influir directamente en la aceptación del consumidor, la textura también desempeña un papel crucial en la liberación del sabor, que está fuertemente condicionada por los mecanismos de descomposición de la estructura alimentaria en la boca, que dependen tanto de la textura inicial del alimento y el cambio durante la masticación (Ferreira, 2020).

Apariencia general: La apariencia de un producto alimenticio, tanto dentro como fuera de su envase, es el aspecto principal que se tiene en cuenta para evaluar rápidamente su calidad o si cumple con las expectativas del consumidor, por ello al analizar muestras en el entorno del laboratorio, es esencial prestar atención minuciosa a este aspecto (Meilgaard, 2007). La apariencia de alimentos se define por características como el color, tamaño, forma, brillo, textura visual de la superficie, todas ellas perceptibles mediante el sentido de la vista; esta percepción se produce cuando la luz se refleja en un objeto y llega al ojo, donde los receptores visuales envían impulsos neuronales al cerebro a través del nervio óptico para su interpretación. Los atributos de apariencia están vinculados al comportamiento de la luz al transmitirse, absorberse o reflejarse al incidir en un alimento; de los cuales el color desempeña un papel crucial, es el aspecto visual que más impacta en la aceptación de los alimentos. La forma que el color interactúa con otros atributos sensoriales, como el aroma o el sabor, puede influir en el reconocimiento, discriminación o percepción de la intensidad de dichos atributos (Kemp et al., 2009).

Color: Es una percepción sensorial, depende cómo lo perciban los receptores de los ojos y de cómo se interprete la radiación emitida por el objeto. Los colores influyen directamente en cómo se percibe un alimento, siempre que se pueda ver la retina del ojo posee dos tipos de fotorreceptores: conos y bastones, estos convierten la luz incidente (una señal física) en una señal eléctrica que se transmite al cerebro. Las personas compran el producto por los colores que lo acompañan, ya que penetra en la psique del consumidor y puede convertirse en un estímulo directo para la venta (Kemp et al., 2009).

2.6.5. Clasificación del análisis sensorial clásico

En términos generales la evaluación sensorial clásica se divide en métodos discriminativos, descriptivos y hedónicos (Mahieu, 2021), como se muestra en la Figura 1.

Métodos discriminativos: Se ocupan de comprender si los productos son diferentes o similares en términos de atributos generales o específicos; todos los métodos discriminativos se basan en el mismo principio, donde después de realizar las evaluaciones de los productos se enseña a los panelistas a determinar cuáles de los productos son iguales o diferentes; se emplean cuando exista diferencias sutiles entre productos y no solo se centran en una característica sensorial, el producto es considerado como un todo. Dentro de estos métodos se encuentran las pruebas triangulares, pruebas tétradas, pruebas dos de cinco. No requiere entrenar a los panelistas, la cantidad dependerá del tamaño de las diferencias entre productos y del nivel de riesgo estadístico (Mahieu, 2021).

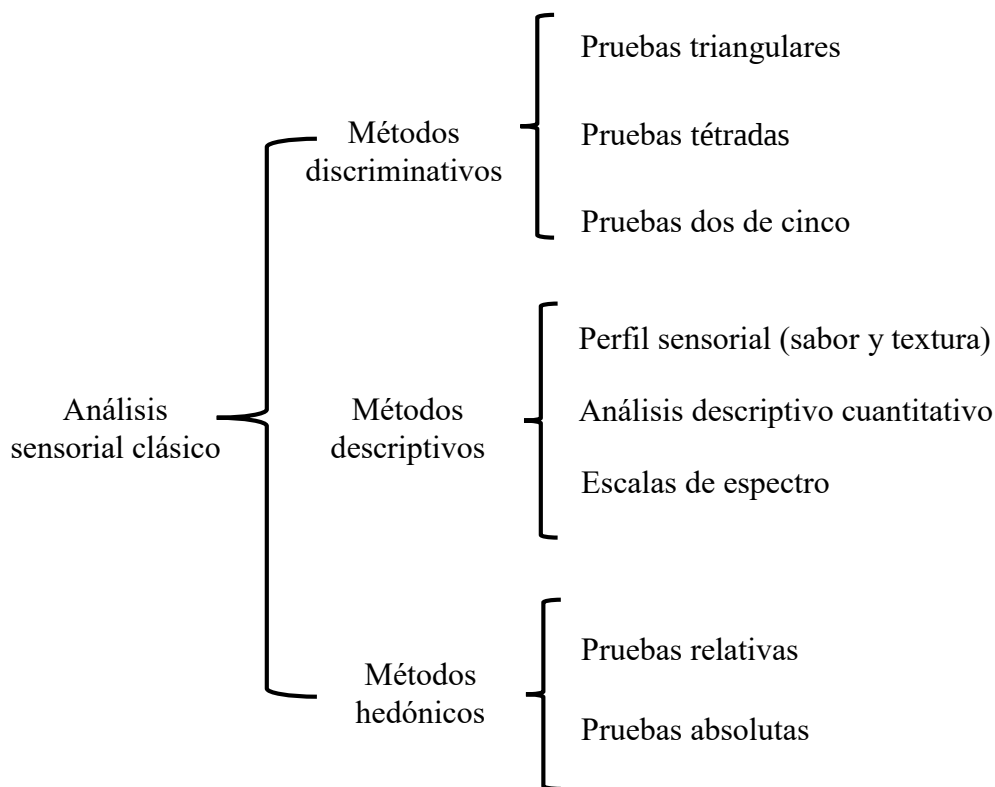


Figura 1. Métodos de análisis sensorial clásico

Métodos descriptivos: Proporciona una imagen cualitativa y cuantitativa detallada de las características sensoriales de los productos, sus intensidades sensoriales, tiene como objetivo establecer el perfil sensorial de los mismos. El perfil sensorial se realiza estableciendo una lista de 5 a 20 descriptores, atributos sensoriales de textura, sabores, aromas, entre otras; se establece en base al conocimiento o evaluaciones previas de los panelistas con respecto al producto; es necesario instruirlos para calificar al producto con una escala cuantitativa continua, siendo estructurada o no. Los panelistas son capacitados para garantizar la definición adecuada de cada descriptor, es como calibrar un instrumento de medición; el número de panelistas oscila generalmente entre 5 y 20 personas. Dentro de este método se encuentra el análisis descriptivo cuantitativo, prueba escala de espectro, prueba perfil sensorial que se basa en perfil de sabor, perfil de textura (Mahieu, 2021).

Métodos hedónicos: Buscan caracterizar los productos desde un punto de vista hedónico, por la medida de apreciación; esta apreciación es subjetiva, ya que depende de las preferencias de los panelistas; por tanto no se requiere de entrenamiento y se lleva a cabo casi siempre con consumidores del mercado objetivo; se recomienda que el número de consumidores oscila entre 60 y 100. Existen dos métodos principales; el método relativo que consiste en instruir a los panelistas para clasificar los productos del menos al más apreciado sin cuantificación y los métodos absolutos consisten en la calificación de un producto por parte de los panelistas

utilizando una escala de agrado, esta escala puede ser discreta o continua con diversos niveles o longitudes, siendo la escala hedónica de nueve puntos la más utilizada (Mahieu, 2021). Mide la respuesta individual subjetiva de las preferencias, aceptación, gusto o percepción de los beneficios de un producto por parte de los consumidores. Existen diversos factores, como los biológicos, psicológicos y socioculturales, que pueden influir en las preferencias y elecciones de los consumidores; el género, edad, frecuencia del consumo, educación e ingresos; los atributos intrínsecos del producto (apariencia sensorial), atributos extrínsecos (etiqueta o el empaque), las influencias contextuales, ambientales; el contexto y el estado de ánimo del consumidor también pueden afectar las emociones, motivando o desmotivando el consumo. Investigaciones recientes han utilizado factores individuales para segmentar a los consumidores y comprender sus preferencias (Marques et al., 2022).

2.6.6. Análisis sensorial con consumidores

En las últimas décadas se desarrollaron varios métodos sensoriales nuevos para superar las limitaciones del análisis sensorial descriptivo clásico. Estos se pueden clasificar en métodos descriptivos, holísticos (clasificación libre, mapeo proyectivo), basados en referencias (posicionamiento sensorial polarizado y pivot profile®), métodos relacionados con ideales (escala just-about-right (JAR), método de perfil ideal), métodos temporales (método dominio temporal de sensaciones (TDS) y verificación temporal de todo lo que corresponda (TCATA). Los métodos descriptivos mejorados comparten razonamientos de que la percepción sensorial resulta de la combinación de un número finito de sensaciones identificables, donde cada sensación es medida para cada producto a través de un descriptor sensorial de forma analítica por el panelista. Dentro de los métodos descriptivos mejorados se destacaron los perfiles de libre elección y grilla de repertorio, perfil rápido, comparación pareada, comentario libre y verifica todo lo que corresponda (Mahieu, 2021).

Con las escalas de intensidad se establecen los descriptores sensoriales, que pueden ser por conocimiento del producto o por evaluaciones previas. Los panelistas calificaron los descriptores sensoriales de cada producto utilizando una escala cuantitativa (Mahieu, 2021). Los datos recopilados son los mismos que los recopilados en los perfiles sensoriales convencionales, pero la diferencia entre el perfil sensorial convencional y escalas de intensidad con los consumidores es que los panelistas están calibrados para el primero, pero no para el segundo. El uso de escalas de intensidad con los consumidores fue históricamente criticado, pero algunos estudios más recientes demostraron que esto permite proporcionar una configuración de producto similar, niveles sensoriales promedio, perfiles y reproducibilidad a

los perfiles sensoriales convencionales. Sin embargo, las calificaciones de los consumidores muestran una alta variabilidad y son menos consensuadas que las de los panelistas calibrados. Por lo tanto, para ser confiables, las escalas de intensidad con los consumidores requieren paneles mucho más grandes que los perfiles sensoriales convencionales para compensar la heterogeneidad de los consumidores. Alternativamente, se pueden utilizar escalas de intensidad específicas que sean más fáciles de comprender para panelistas no calibrados, como las “escalas de magnitud etiquetadas” (Ares et al., 2011).

2.6.6.1. Perfiles de libre elección (FCP) y grilla de repertorio (GR)

El FCP es una técnica de análisis sensorial descriptivo que parte del principio de que las personas perciben las mismas características en los alimentos, pero las expresan de manera diferente al describirlos; esta técnica se ha empleado en la evaluación de diversos tipos de alimentos debido a sus numerosas ventajas, se usó por ejemplo, para evaluar seis formulaciones de chocolate negro, obteniendo resultados que mostraron una notable similitud entre las evaluaciones subjetivas realizadas por diferentes catadores y las evaluaciones sensoriales, lo que demostró la idoneidad del FCP para investigaciones científicas. Una de las principales ventajas de esta técnica es que requiere menos tiempo, ya que no es necesario capacitar a los individuos, no es necesario desarrollar una terminología consensuada, y el número de descriptores utilizados puede variar según la experiencia de los panelistas y su familiaridad con el producto. Para adaptarse a diferentes números y tipos de atributos entre los panelistas, el FCP requiere el uso del análisis de procrusteano generalizado (APG) para el tratamiento de datos; el APG transforma los datos, corrigiendo variaciones o diferentes interpretaciones de los atributos por parte de los panelistas, al tiempo que permite la detección de diferencias sensoriales (Kitzberger et al., 2016). La GR al igual que en el FCP, cada panelista establece su lista de descriptores sensoriales y luego los califica para cada producto usando una escala cuantitativa, diferenciándose que el primero establece la lista de descriptores mediante evaluaciones previas, mientras que el segundo lo establece en base a triadas (Mahieu, 2021).

2.6.6.2. Perfil rápido (FP)

Es un método que otorga a los evaluadores una gran libertad para elegir y utilizar su propio lenguaje sensorial, ello promueve un enfoque individual en la selección de atributos del producto que se utilizarán para clasificar las muestras según éstos. Este método es una variante del perfil de libre elección (FCP), combina la selección de atributos del FCP con una comparación simultánea de todos los productos establecidos a través de un

ranking (clasifica los productos del menos intenso al más intenso); su base radica en la idea que es más sencillo comparar productos entre sí que evaluarlos en una escala absoluta. El Perfil rápido se ha empleado para describir una amplia variedad de alimentos, incluyendo productos de frutas, bebidas, chicle, nuggets de pescado, entre otros. La relevancia de esta investigación se justifica por el hecho de que los consumidores son capaces de distinguir entre productos tradicionales e industriales debido a la diversidad sensorial presente en los productos tradicionales (Škrobot et al., 2020).

2.6.6.3. Comparación pareada

Mediante la comparación por pares, los descriptores sensoriales se establecen aprovechando el conocimiento existente sobre los productos, ya sea por medio de la literatura especializada, estudios previos u otras evaluaciones realizadas. Los productos se presentan a los panelistas en pares, generalmente siguiendo un diseño equilibrado incompleto. En cada par de productos presentados, los panelistas determinan cuál de los dos productos es más intenso en relación con cada descriptor sensorial. Se considera que la frecuencia con la que un producto específico "gana" en términos de un descriptor particular refleja la intensidad de ese descriptor para dicho producto. El principio subyacente en la comparación por pares es similar al del perfil rápido de comparar productos entre sí es más sencillo que asignarles calificaciones absolutas. Este enfoque facilita la evaluación de la intensidad relativa de los descriptores sensoriales en los productos analizados, permitiendo una comprensión más clara de sus perfiles sensoriales en relación con sus competidores directos (Mahieu, 2021).

2.6.6.4. Marque todo lo que corresponda (Check All That Apply) (CATA)

Los descriptores sensoriales se establecen gracias al conocimiento existente sobre los productos o por evaluaciones previas. Los panelistas indican todos los descriptores sensoriales que aplican a cada producto sin ninguna cuantificación. Los productos se presentan al panelista siguiendo un diseño secuencial monódico equilibrado. La razón detrás de CATA es que facilita la descripción de un producto basado en un principio de presencia/ausencia en lugar de mediciones cuantitativas. Es un método sensorial, se sustenta en una lista predeterminada de descriptores sensoriales basado en palabras respecto al producto. Para cada producto evaluado, los consumidores elegirán entre una relación de descriptores, así mismo se ha demostrado que con ellos se puede caracterizar y discriminar un producto (Mahieu et al., 2021). Consisten en una lista de atributos sensoriales (en forma de palabras o frases) que se presentan en un formato de cuestionario, de la cual panelistas capacitados o no pueden

seleccionar todos los atributos que consideren apropiados para caracterizar una muestra (Ares et al., 2013).

Es un método rápido y sencillo que es fácil de combinar con mediciones afectivas, como las pruebas hedónicas; se puede utilizar con un panel no capacitado y existe evidencia de que produce una mayor precisión de los resultados con entrenamiento. Sin embargo, la frecuencia de citas de términos CATA está fuertemente vinculada a las tasas directas de intensidad percibida, aunque esto no significa que la intensidad pueda evaluarse mediante preguntas CATA. Uno de los requisitos del método CATA es que el producto tenga muchos términos como deseables e indeseables; este novedoso enfoque sugiere una lista de descriptores y los consumidores deben elegir los pocos que correspondan al producto. Calificar todo lo que corresponda (RATA) es otra alternativa al método CATA donde los consumidores no solo verifican, sino que también califican la intensidad de todos los atributos que encuentran en el producto evaluado. Además, los enfoques emergentes asumen una dirección más dinámica, por ejemplo, verificación temporal de todo lo que corresponda (TCATA). Los términos se descartan cuando se analiza la información, y utiliza la técnica de asociación libre de palabras, todos los términos se agrupan en categorías, dimensiones, las dimensiones que no obtienen 5% o 10% de frecuencia en mención se descartan, siendo los de mayor frecuencia los mejores descriptores del producto (Marques et al., 2022).

2.6.6.5. Comentario libre (FC)

Los productos se presentan a los panelistas siguiendo un diseño secuencial monádico. El descriptor de un producto determinado a nivel de panel refleja la intensidad de este descriptor para el mismo. Los datos de FC se basan en la misma presencia /ausencia principio como el CATA, es probable que esta suposición implícita sea eficaz (Mahieu, 2021). Como respuesta a preguntas abiertas, ofrece una alternativa a la evaluación CATA para recolectar descripciones sensoriales basadas en palabras. En este método, se solicita a los participantes que describan el producto utilizando sus propias palabras sin restricciones; dependiendo del objetivo del estudio, estas descripciones pueden tener un enfoque hedónico o no, en ocasiones se puede limitar el número de palabras que los participantes pueden utilizar. El FC ha demostrado ser efectivo para caracterizar y discriminar conjuntos de productos tanto con consumidores como con expertos; al no requerir una lista predefinida de descriptores, el FC evita los sesgos asociados con la CATA. Además, la inversión de los participantes en la tarea sensorial puede mejorar al no proporcionar una lista de descriptores; por lo que en la investigación al compararlos el FC fue más adecuado que la CATA en pruebas de uso

doméstico, ya que permitió a los participantes expresarse de forma más natural (Mahieu et al., 2020).

2.6.7. Tipos de escalas

Para recolectar datos sensoriales de aceptación de un producto, se debe comprender y aplicar los diferentes tipos de escalas de medición, los comúnmente usados son la escala nominal, ordinal, proporción e intervalo (Pimentel et al., 2015).

Escala nominal: Se caracteriza por clasificar los datos por nombre o número, sin un orden lógico predefinido, ello significa que el orden de disposición en la hoja de evaluación no afecta la lógica de la pregunta ni el procesamiento de datos; además, no hay una relación cuantitativa entre las categorías. Aunque raramente se utilizan en el análisis sensorial, las escalas nominales son útiles para clasificar datos demográficos, como género, edad, educación y frecuencia de consumo del producto en cuestión. Un ejemplo de su aplicación sería una prueba donde los evaluadores asignan el número 1 a los productos que consideran buenos y el número 2 a los que consideran malos. El análisis e interpretación de los datos se realiza mediante histogramas, que muestran la frecuencia de ocurrencia de las respuestas en cada categoría. Posteriormente, se puede evaluar si hay una diferencia significativa entre las categorías utilizando pruebas estadísticas como la prueba de chi-cuadrado.

Escala ordinal: Facilita la determinación del orden en el que los productos son aceptados por los consumidores; como, por ejemplo, identificando el producto más aceptado como el producto A, seguido por el producto B y luego el producto C, que es el menos aceptado. Sin embargo, este tipo de escala no permite cuantificar el grado de diferencia entre los productos. Clasificar los productos en este orden se considera un uso de la escala ordinal.

Escala de intervalo: La escala de intervalo se emplea para medir magnitudes, como diferentes grados de aceptación, asumiendo que las distancias entre los puntos de la escala son iguales y que existe un punto de referencia arbitrario, aunque no necesariamente significativo. La escala hedónica de nueve puntos a veces se clasifica como una escala de intervalo, pero esta categorización es debatible porque los intervalos son numéricamente iguales, pero pueden no ser percibidos como iguales psicológicamente.

Escala de proporción: Es un tipo específico de escala de intervalo, se emplea para medir magnitudes, permitiendo expresar la aceptación de un producto como porcentaje o relación en comparación con otros productos. En esta escala, existe un cero absoluto. Por ejemplo, si un producto obtiene una puntuación de 8 y otro una puntuación de 4, se considera que el primero es dos veces más aceptado que el segundo.

La base para cuantificar la información sensorial lo constituyen los métodos de calificación y puntuación; la primera implica la cuantificación de información mediante el uso de categorías ordinales se obtiene información sobre el orden de aceptación de las muestras, mientras que la segunda involucra implica una forma más precisa de cuantificación, utilizando intervalo numérico o escala de proporción con propiedades conocidas y se pueden determinar diferencias de aceptación entre los productos o consumidores. Dentro de los métodos de puntuación se encuentran las escalas de categorías, la escala de estimación de magnitud, escala hedónica híbrida y escalas de relación de categorías (Pimentel et al., 2015).

Escalas de categorías: Es un método de medición que solicita al evaluador asignar un valor o categoría a la intensidad de un estímulo dentro de una escala limitada, comúnmente numérica. Es ampliamente utilizado en el análisis sensorial para evaluar respuestas afectivas, como preferencia o aceptación de productos. Estas escalas pueden incluir etiquetas verbales, como la escala hedónica de nueve puntos, o ser puramente numéricas, como la escala hedónica numérica.

Escala hedónica de nueve puntos: Es utilizada en pruebas de aceptación para evaluar el gusto de los consumidores hacia un producto específico, presentando una facilidad en su uso. Esta escala está equilibrada con un punto neutral (5 = ni me gustó ni me disgustó), con cuatro categorías positivas (6, 7, 8 y 9 = me gustó ligeramente, me gustó moderadamente, me gustó mucho y me gustó muchísimo, respectivamente), cuatro categorías negativas (1, 2, 3 y 4 = no me gustó mucho, no me gustó moderadamente, no me gustó mucho y no me gustó ligeramente, respectivamente). La escala puede ser adaptada verticalmente o presentada con "rostros" que representen el grado de agrado/disgusto, facilitando su uso con niños o personas que no saben leer. Se utiliza frecuentemente para comparar muestras en el ámbito de las Ciencias de los Alimentos, donde se infiere la preferencia si una muestra es más gustada que otra según las respuestas de los consumidores. A pesar de su amplia utilización la escala hedónica de nueve puntos presenta algunas limitaciones; al tener categorías desigualmente espaciadas, no cuantifica la diferencia exacta en la aceptación entre muestras, no permite comparar la aceptación entre individuos o grupos debido a su naturaleza subjetiva, el número limitado de categorías restringe la capacidad de los evaluadores para expresar completamente su experiencia hedónica y los evaluadores tienden a evitar los extremos de la escala, reduciéndola de 9 a 7 puntos. Desde el punto de vista estadístico, los datos generados son categóricos y discretos, lo que restringe el uso de estadísticas paramétricas, aunque a menudo se utilizan de manera inapropiada (Pimentel et al., 2015).

Escala lineal continua: Las escalas hedónicas lineales o no estructuradas se representan con una línea que tiene sus extremos marcados con los niveles mínimo y máximo de aceptación, que van desde "no me gusta mucho" hasta "me gusta mucho" (Figura 2). Esta línea suele tener un tamaño estándar de 100 mm (10 cm), aunque puede ajustarse según las necesidades del estudio. Es crucial encontrar un equilibrio en la longitud de la línea, ya que colas muy cortas pueden limitar la capacidad de los evaluadores para discernir entre productos, mientras que colas muy largas pueden dificultar la precisión en las evaluaciones. Aunque los datos recopilados se miden dentro de un intervalo, se consideran ordinales, al igual que en la escala hedónica de nueve puntos. Utilizar una escala hedónica lineal o no estructurada ofrece varias ventajas: brinda a los evaluadores más libertad para expresar sus percepciones sensoriales, reduce los efectos del contexto, permite una evaluación precisa de la aceptación al permitir marcar cualquier punto en la escala, presenta datos con desviaciones menores de la normalidad en comparación con la escala de nueve puntos. Sin embargo, su uso está limitado debido a que puede resultar más difícil de comprender, lo que puede ralentizar el proceso de evaluación sensorial (Pimentel et al., 2015).

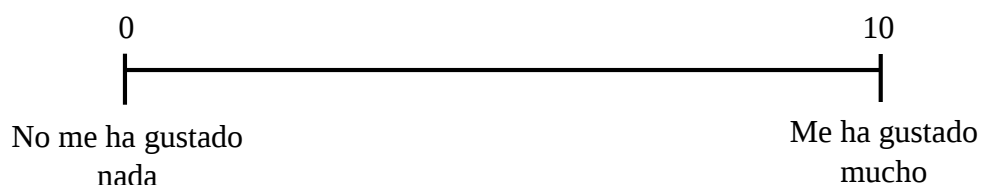


Figura 2. Escala lineal no estructurada de 10 cm.

2.7. Aspectos texturales

2.7.1. Historia de la textura

La textura solía ser un término exclusivo de la descripción de materiales textiles hasta mediados del siglo pasado, cuando la producción alimentaria a gran escala dio origen a una nueva disciplina: la ciencia y tecnología de los alimentos. Fue entonces cuando la textura se convirtió en un aspecto sensorial crucial para describir los alimentos. La investigación sobre este tema creció rápidamente, destacada por el libro "Food Texture" de Matz en 1962 y la creación del Journal of Texture Studies en 1969. Desde entonces, la cantidad de publicaciones ha aumentado drásticamente, reflejando el interés y la importancia de este campo (Chen y Rosenthal, 2015).

El estudio de la textura alimentaria se ha impulsado por la necesidad de comprender cómo percibimos los alimentos y cómo podemos mejorar su calidad sensorial. La

colaboración entre la física de los alimentos y la psicología sensorial ha sido crucial. Además, la industria alimentaria ha contribuido con la necesidad de desarrollar ingredientes, tecnologías para mejorar la textura de los alimentos, especialmente para satisfacer las demandas de consumidores específicos, como aquellos que buscan alimentos saludables con menor densidad energética o aquellos con necesidades específicas, como los adultos mayores. Se ha reconocido que la estructura y la forma en que un alimento se deforma son fundamentales para la sensación de textura. Aunque inicialmente se pensó que la reología de los alimentos era la base para comprender la textura, se han encontrado limitaciones en este enfoque. Los avances en métodos de caracterización han permitido evaluar una amplia gama de propiedades texturales, desde líquidos hasta sólidos, y estos métodos se han detallado en obras recientes. La modificación de la textura se ha convertido en un tema importante, impulsado por la demanda de los consumidores. La industria está explorando ingredientes alternativos y nuevas técnicas de procesamiento para lograr texturas deseadas en los alimentos (Chen y Rosenthal, 2015).

2.7.2. Características de textura en alimentos

La dureza (firmeza) se destaca como uno de los principales parámetros para evaluar la frescura de frutas, verduras, siendo esencial para determinar su calidad. En cuanto a los alimentos celulares, quebradizos, crujientes, la textura crujiente es una característica distintiva. Por otro lado, en productos gelificados, como alimentos para músculos, la elasticidad, cohesividad, adhesividad, gomosidad son propiedades clave para su evaluación. Con el tiempo, se han empleado diversas pruebas instrumentales tanto en entornos de investigación como en la industria para analizar la textura de los alimentos. Se ha dedicado considerable esfuerzo a mejorar los instrumentos, así como las técnicas de medición con el fin de obtener una evaluación precisa de las propiedades texturales (Chen y Opara, 2013).

2.7.3. Pruebas instrumentales de textura

Dentro de la aplicación de pruebas texturales instrumentales para barras de cereales se encuentran la prueba de flexión de tres puntos, prueba de corte, prueba de punción, análisis de perfil de textura (APT) y APT modificado.

Pruebas de flexión de tres puntos: Es también conocida como flexión de triple haz, genera fuerzas que provocan tanto compresión como tracción en lados opuestos de un eje neutro. En este tipo de flexión, la deformación máxima por tracción ocurre típicamente en la superficie inferior de la muestra, mientras que la deformación máxima por compresión se produce en la superficie superior (Everard et al., 2007). Esta prueba es fundamental, se suele aplicar a

alimentos en forma de láminas, mide las propiedades de fractura de los alimentos, que son importantes para la textura percibida durante el movimiento descendente al masticar; considera las variables estrés de fractura (kPa), tensión de fractura, energía de fractura (N.mm), módulos elásticos (MPa) y pendiente inicial (N/mm) (Kim et al., 2009).

Prueba de corte (cizallamiento): En el campo de la ingeniería química e hidráulica, el término "cizallamiento" se refiere al deslizamiento de dos partes adyacentes de un cuerpo en una dirección paralela al plano de contacto, inducido por una fuerza tangencial aplicada a la sección en la que actúa. Sin embargo, para los tecnólogos en alimentos, este término puede describir la acción de "corte", que resulta en la división de un producto en dos piezas. Un dispositivo ampliamente reconocido en este contexto es la "Cuchilla de Warner-Bratzler", utilizada principalmente para evaluar la ternura de la carne. El parámetro medido con mayor frecuencia es la "fuerza máxima de cizallamiento", obtenida mediante un texturómetro equipado con este aditamento. Este aparato permite generar curvas de fuerza versus distancia, desde las cuales se pueden calcular otros parámetros como la elasticidad aparente, la fuerza en la primera ruptura y el área bajo la curva de compresión (Castro y de Hombre, 2007).

Prueba de punción: Fueron introducidas por Magness y Taylor en 1925, son ampliamente empleadas para evaluar las propiedades mecánicas de frutas y verduras debido a su bajo costo, portabilidad, su facilidad de aplicación. Este método implica medir la fuerza máxima, deformación necesaria para penetrar una sonda en una muestra, causando una falla observable en su estructura macroscópica (Shiu et al., 2015). La prueba de punción es un método ampliamente empleado, resulta ser sencillo para evaluar la textura de los alimentos. Consiste en medir la fuerza requerida para insertar un punzón en un alimento, lo cual implica una combinación de fuerzas de corte y compresión. Se espera que este método esté correlacionado con la resistencia necesaria para que los dientes penetren en un alimento (Kim et al., 2009).

- **Análisis de perfil de textura (APT) y APT modificado**

Los perfiles de textura son representaciones gráficas (curvas) que registran los eventos característicos espaciales o temporales de las muestras durante las mediciones de textura de los alimentos; el análisis de estos perfiles mediante técnicas mecánicas y acústicas es crucial en la investigación sobre textura alimentaria. El análisis de perfil de textura (APT) facilita la conexión entre mediciones objetivas y la percepción subjetiva, mejorando la capacidad de predecir las características de textura de los alimentos (Chen y Opara, 2013). La prueba de doble compresión APT se ha utilizado como "estándar" para la evaluación de las características texturales de los alimentos sólidos; esta prueba intenta imitar la masticación y

los parámetros derivados, parecen ser relevantes para la comparación con los atributos de textura evaluados durante la masticación (Kim et al., 2009).

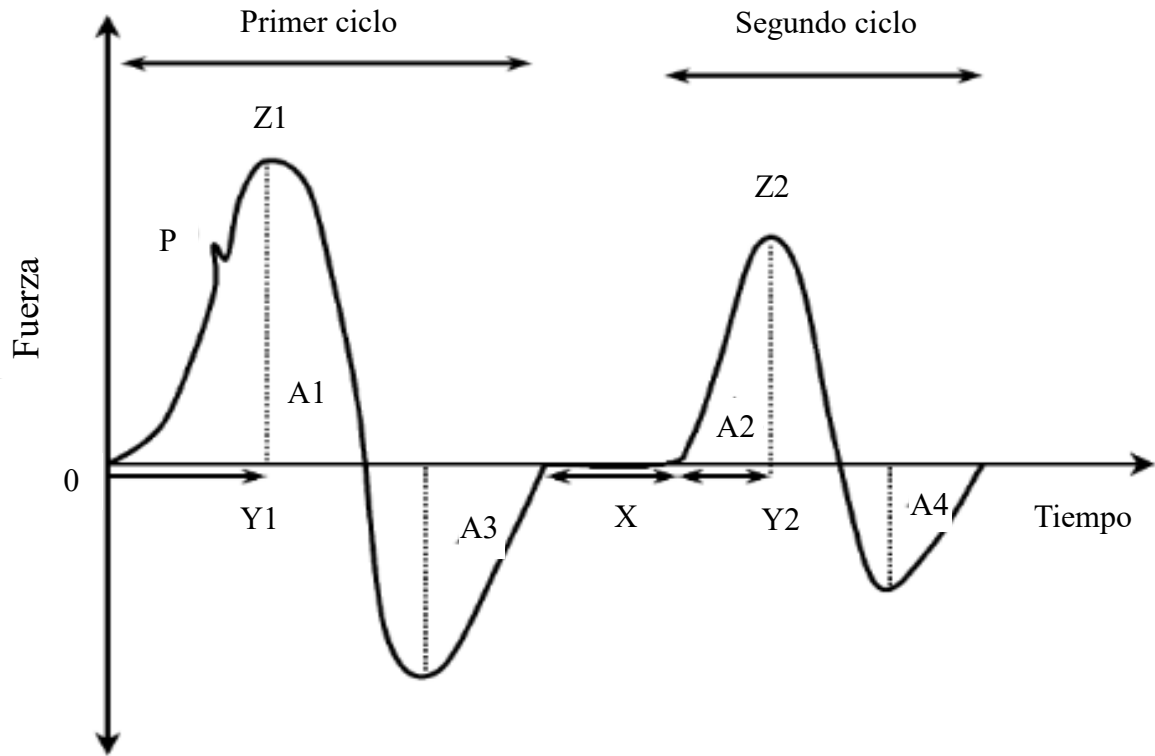


Figura 3. Gráfico del análisis de perfil de textura (APT).

El perfilado de textura implica aplicar compresión a la muestra al menos dos veces, luego cuantificar los parámetros mecánicos utilizando las curvas de fuerza-deformación registradas, como se muestra en la Figura 3, la misma que considera dos etapas de compresión. En la primera compresión se considera a la Dureza 1 (N) que es la carga máxima aplicada a las muestras (Z1); la energía de compresiva (N.mm) es el área bajo la curva (A1) y la adhesividad (N.mm) es el área bajo la parte negativa de la curva inmediatamente después de la primera compresión (es decir, durante la retirada de la placa de compresión). En la segunda compresión se considera a la Dureza 2 (N) que es la carga máxima aplicada a las muestras (Z2) y la energía de compresiva (N.mm) es el área bajo la curva (A2). Para la relación de dureza se considera la carga máxima aplicada a las muestras durante la segunda compresión (Z2) y la aplicada a las muestras durante la primera compresión (Z1); la cohesividad es la relación entre el área bajo la curva para la segunda compresión (A2) y el área bajo la curva para la primera compresión (A1); la elasticidad es la relación entre la duración del contacto con la muestra durante la segunda compresión (Y2) y durante la primera compresión (Y1); la masticabilidad

(N) es el producto matemático de la dureza, cohesividad y elasticidad ($M = Z1 \times (A2/A1) \times (Y2/Y1)$) y la gomosis es la fuerza necesaria para desintegrar una muestra semisólida hasta un estado estable de deglución, dureza y cohesión ($Z1 \times (A2/A1)$).

Una limitante de la prueba de APT estándar es que utiliza una placa de compresión plana más grande que la muestra de prueba, por lo tanto, no produce cortes o cizallamiento importantes de la muestra; la falta de corte o cizallamiento puede reducir los valores de correlación entre los atributos instrumentales y sensoriales. El APT estándar fue modificado para obtener una combinación de cizallamiento (corte) y compresión durante una prueba (Kim et al., 2009).

2.8. Fenoles totales y capacidad antioxidante

2.8.1. Definición de fenoles totales

Los compuestos fenólicos, también conocidos como polifenoles, son metabolitos secundarios producidos por las plantas, caracterizados por uno o más anillos fenólicos con grupos hidroxilo unidos. Estos compuestos se clasifican en diversos grupos según la estructura de sus anillos fenólicos, que incluyen ácidos fenólicos, flavonoides, estilbenos y lignanos. Se encuentran naturalmente en una variedad de alimentos como frutas, verduras, nueces, café, té, semillas y subproductos agroindustriales. Más del cincuenta por ciento de los compuestos fenólicos poseen propiedades antibacterianas, antifúngicas, antiinflamatorias y antitumorales. Aunque no son esenciales para el metabolismo del cuerpo humano, estos componentes alimentarios mejoran la salud general de los consumidores al influir positivamente en su actividad fisiológica (Ebrahimi y Lante, 2021).

2.8.2. Clasificación de los compuestos fenólicos

Los polifenoles se caracterizan por su estructura C6-C3-C6 y abarcan más de 8000 tipos diferentes de compuestos químicos, cada uno con propiedades y estructuras diversas. Se clasifican en varios grupos según los anillos fenólicos y los enlaces que conectan dichos anillos, estos grupos incluyen flavonoides, ácidos fenólicos, estilbenos y lignanos (véase Figura 4). Los ácidos fenólicos son un grupo amplio que incluye compuestos como el ácido hidroxicinámico y el ácido hidroxibenzoico, los cuales varían en función de la posición, el número de grupos hidroxilo y la estructura del esqueleto carbonado. Por otro lado, los flavonoides están compuestos por dos anillos aromáticos unidos por un anillo heterocíclico con diferentes grados de oxidación. Entre los flavonoides más comunes se encuentran la catequina, epicatequina, galocatequina y epigallocatequina, así como el kaempferol y la quercetina. Los estilbenos, por su parte, presentan una estructura principal de C6-C2-C6 con dos anillos

aromáticos conectados por un puente de etileno, siendo el resveratrol el estilbeno más reconocido (Ebrahimi y Lante, 2021).

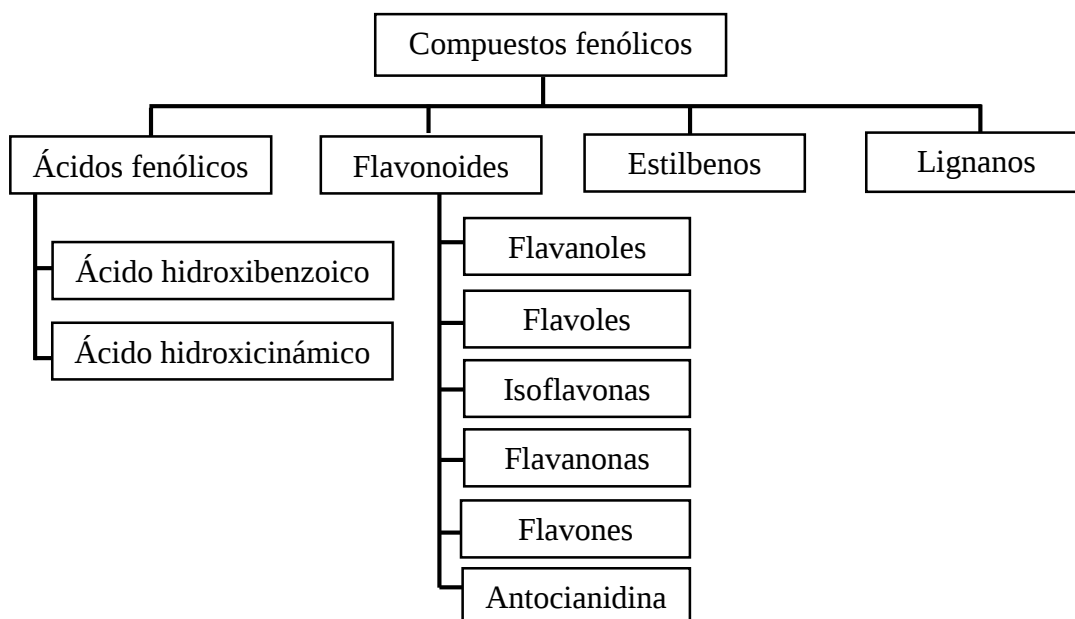


Figura 4. Clasificación de los compuestos fenólicos.

Bhuyan y Basu (2018) mencionan que, durante muchos siglos, las plantas, sus derivados han desempeñado un papel fundamental en la salud humana mejorando de la calidad de vida; diversos estudios destacan los beneficios para la salud de los polifenoles vegetales, especialmente a sus buenas propiedades antioxidantes. Los polifenoles exhiben una variedad de propiedades biológicas beneficiosas como antioxidantes, antiapoptóticos, antienvjecimiento, anticancerígenos, antiinflamatorios, antiarteroscleróticos, protectores cardiovasculares, mejoradores de la función endotelial, tienen la capacidad de inhibir la angiogénesis y la proliferación celular. La mayoría de estos efectos se atribuyen a su capacidad inherente para actuar como agentes reductores.

2.8.3. Definición de capacidad antioxidante

La capacidad antioxidante se define como la habilidad de una sustancia o compuesto para inhibir o dificultar la oxidación de un sustrato, incluso en pequeñas cantidades. Esta medida es útil para evaluar la calidad de los alimentos, la concentración de antioxidantes en sistemas biológicos, o la biodisponibilidad de estos compuestos en el cuerpo humano. Son moléculas que pueden retardar o prevenir la oxidación de otras moléculas, neutralizando radicales libres y otras especies reactivas de oxígeno, se considera que contribuyen a prevenir

o retrasar el desarrollo de diversas enfermedades (Maurya, 2013). Varía según su estructura química, especialmente por la presencia de grupos hidroxilo y sistemas aromáticos conjugados. Estos compuestos pueden ceder electrones para neutralizar radicales libres, formando compuestos fenoxilo estables. Los cofactores fenólicos mejoran la capacidad antioxidante y la calidad de los productos alimenticios. Concentraciones elevadas de compuestos fenólicos, con más grupos hidroxilo, aumentan la capacidad para donar hidrógeno a los radicales libres, mejorando significativamente la eliminación de estos. La posición y número de grupos hidroxilo, así como el peso molecular, influyen en la eficacia antioxidante; compuestos fenólicos de menor peso molecular tienen grupos hidroxilo más disponible, lo que facilita su acción antioxidante (Ebrahimi y Lante, 2021).

2.8.4. Métodos de análisis de la capacidad antioxidante

La mayoría de los ensayos de capacidad antioxidante se basan en reacciones de antioxidantes sobre radicales libres (Sadowska-Bartosz y Bartosz, 2022).

Reducción de ABTS: Consiste en la disminución de la absorbancia de la solución del radical ABTS● preformado, que normalmente se mide a una longitud de onda de 734 o 414 nm. La actividad antioxidante medida mediante la reducción de ABTS● suele denominarse como la del Trolox (ácido 6-hidroxi-2, 5, 7,8-tetrametilcroman-2-carboxílico) como antioxidante estándar. Permite la expresión de resultados en equivalentes de Trolox (TE), que es una forma bastante útil y comparable de comparar actividades antioxidantes.

Reducción DPPH: La reducción de la absorbancia de la solución del radical DPPH● se mide a una longitud de onda de 517 nm. Aunque el método de reducción del radical DPPH● es más sencillo que el método ABTS●, es altamente sensible a factores como la luz, el oxígeno del aire, el pH y el tipo de disolvente. El DPPH● es soluble principalmente en solventes orgánicos como metanol, etanol o sus mezclas acuosas, pero su solubilidad en agua es limitada; las mezclas acuosas no deben exceder el 60 % de contenido de agua para mantener su solubilidad. La actividad antioxidante se suele expresar como la concentración eficaz IC₅₀, que indica la concentración del antioxidante necesaria para reducir la absorbancia inicial de DPPH● en un 50 %. Además, se utiliza el término tEC₅₀ para describir el tiempo requerido para alcanzar el equilibrio de IC₅₀.

FRAP: El ensayo de poder antioxidante reductor férrico (FRAP) se basa en la reducción del complejo 2,4,6-tripiridil-triazina (TPTZ)-Fe³⁺ a TPTZ-Fe²⁺, se detecta como un aumento en la absorbancia a 593 nm. Este método se realiza bajo condiciones de pH ácido (pH = 3,6) para mantener la solubilidad del hierro. En una variante conocida como ensayo FRASC, además de

medir la actividad antioxidante total, se puede determinar la concentración de ácido ascórbico (vitamina C) de la muestra simultáneamente, utilizando oxidasa ascórbica para eliminar el ácido ascórbico en una de las muestras del par ejecutado en paralelo. Es importante señalar que la oxidación completa de ciertos ácidos hidroxycinámicos y flavonoides con el reactivo FRAP no siempre ocurre dentro del tiempo estándar del protocolo de ensayo, por lo se optan por tiempos de reacción más prolongados

CUPRAC: El método cúprico reductor de la capacidad antioxidante (CUPRAC) se basa en la medida del aumento de la absorbancia del complejo bis (neocuproína) cobre (+) después de la reducción de Cu^{2+} a Cu^+ a una longitud de onda de 540 nm. Utiliza el complejo Cu^{2+} -neocuproína (Nc), que puede ser reducido por antioxidantes. Este método se lleva a cabo a un pH cercano al fisiológico (pH=7), lo que permite simular mejor la acción antioxidante en condiciones biológicas. El cromóforo $\text{Cu}(\text{Nc})^{2+}$ del método CUPRAC es soluble tanto en disolventes acuosos como orgánicos, lo que facilita la evaluación de antioxidantes hidrofílicos y lipófilos.

ORAC: El ensayo de capacidad antioxidante de radicales de oxígeno (ORAC) evalúa la capacidad de los antioxidantes para inhibir la oxidación inducida por radicales peroxilo, medida por la reducción en la pérdida de fluorescencia de una sonda fluorescente como la fluoresceína o la β -ficoeritrina. El método implica la descomposición de un iniciador que genera radicales peroxilo, que son responsables de la peroxidación lipídica en alimentos. Iniciadores comunes incluyen el diclorhidrato de 2,2'-azobis (2-amidinopropano) (AAPH), así como otros como el 2,2'-azobis (isobutironitrilo) (AIBN) o el 2,2'-azobis (2,4-dimetilvaleronitrilo) (AMVN), adaptados según las propiedades hidrofílicas o lipófilas requeridas.

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Lugar de ejecución

El trabajo de investigación se ejecutó en el Laboratorio de Investigación de Ciencia de Alimentos (LICA), laboratorio de química y laboratorio de análisis sensorial y control de calidad de alimentos de la Universidad Nacional Agraria de la Selva (UNAS), ubicada en la ciudad de Tingo María, distrito de Rupa-Rupa, provincia de Leoncio Prado, región Huánuco, de altitud 660 m.s.n.m., 09° 17' 08" latitud sur y 75° 59' 52" latitud oeste, con humedad relativa de 85% y temperatura media anual de 25 °C.

3.2. Materia prima

Flor de plátano: Fueron obtenidos del plátano inguiri y cuadrado del Centro de Investigación y Producción Tulumayo, anexo la Divisoria de la Universidad Nacional Agraria de la Selva (CIPTALD-UNAS), ubicado a 26 km de la carretera Tingo María-Aucayacu, distrito de Juan José Crespo y Castillo, provincia de Leoncio Prado, región Huánuco, encontrándose a una altitud de 610 m.s.n.m., coordenadas 75° 54' 07" longitud oeste y 09° 17' 58" latitud Sur.

Frijol huallaguino: Se recolectó del fundo “Marcos” ubicado en el CC. PP. Alto San Juan de Tulumayo, distrito de Luyando, Provincia de Leoncio Prado, región Huánuco, a 23 km de la ciudad de Tingo María, con una altitud de 752 m.s.n.m., con coordenadas 75° 51' 46" longitud oeste y 9° 18' 31" latitud sur.

Cáscara de papaya: Fueron recolectadas de papayas provenientes del fundo “Samuel” ubicado en el CC. PP. Huangana Pampa, distrito Castillo Grande, Provincia de Leoncio Prado, región Huánuco, con una altitud de 612 m.s.n.m., con coordenadas 76° 1' 57" longitud oeste y 9° 9' 28" latitud sur.

Insumos comerciales

Hojuelas de quinua: Se compró de la marca QUINUA FLAKES, producido y envasado en industrias MOLICUSCO, ubicado en el parque industrial Lote K-18, distrito de Wanchaq, Cusco.

Avena integral en hojuelas: De la marca NUTRIMUNDI, producida y envasada por la empresa Nutrimundi Kr E.I.R.L., ubicada en Otr. Fndo. Pro Mz. Z Lote 42, del distrito San Martín de Porres, ciudad Lima, Perú.

Miel de caña: Se utilizó de la marca REFRESCAÑA, producida y envasada por la empresa CORFERRO E.I.R.L., ubicado en Av. Buenos Aires del distrito Rupa- Rupa, provincia de Leoncio Prado, región Huánuco.

Glucosa: Se compró la marca FRATELLO, producida por la empresa peruana Importaciones Goicochea S.A.C., y distribuida en la tienda comercial de insumos alimentarios “Cademsa” ubicada en la ciudad de Tingo María.

Maní: Se obtuvo de la marca P.D.J (PRODUCTOS DON JUSTO), producido y envasado por la Corporación Líder Perú S.A., ubicado en Jr. Leoncio Prado 458, Surquillo, Lima.

Semillas de zapallo: Se obtuvo del zapallo macre del fundo “Basilio” de la comunidad de Montevideo, ubicada en el Distrito de Mariano Dámaso Beraúm (Las Palmas), Provincia de Leoncio Prado, región Huánuco, a 20 km del caserío de Cayumba con una temperatura media anual de 18 °C, una altitud de 1440 m.s.n.m., con coordenadas 75° 22' 33" longitud oeste y 9° 22' 24" latitud sur. Siguiendo el procedimiento de Raczyk et al. (2017), las semillas se recolectaron en bolsas de polietileno y se trasladaron al laboratorio; las semillas que estuvieron adheridas a la placenta se separaron manualmente, fueron lavadas, extendidas en bandejas cribadas y oreadas durante 10 minutos, se colocó en un secador a 50 °C durante 26 h, las semillas secas se pelaron para obtener las almendras, estas se colocaron en frascos de vidrio cubiertos con papel aluminio en refrigeración.

3.3. Materiales, equipos y reactivos

Materiales: Bandejas cribadas, vasos de precipitado, balones de digestión, micropipetas, moldes rectangulares, cuchillo, bolsa polipropileno, bandejas de aluminio, tamiz malla N° 20 diámetro 850 µm, frascos de vidrio, papel aluminio, tamiz malla N° 60 diámetro 250 µm, bandejas cribadas, recipientes de aluminio, espátula, platos de vidrio, vasos descartables, lápices, fichas de evaluación, servilleta, tubos Falcon, cubeta de poliestireno, placa petri, desecador, papel manteca, matraz Erlenmeyer, crisol de vidrio y crisol de porcelana.

Equipos: Secador de lecho fluidizado, INDUSTRIAS MERINO, Perú; licuadora doméstica, Oster, 4655, México; molino, SCARLETT, SC4093, china.; tamizador eléctrico TYLER, RX-29-16, USA; horno convectivo rotativo, NOVA, Max 500, USA; agitador orbital, SCIOLOGEX, SCI-O330-Pro, EE.UU; espectrofotómetro UV-Visible, Thermoscientific, GENESYS 150, USA; Ultra congeladora, GIMMSA, CCEL-580, Alemania; potenciómetro METTLER TOLEDO, S400, Suiza; balanza analítica, KERN, ABT 220-4NM, Alemania; balanza OHAUS, SJX622/E, USA; texturómetro Brookfield AMETEK CTX, USA; centrifuga HETTICH, 314934, Alemania; extractor de grasa BUCHI, E-500, Suiza, Micro.Kjeldahl PROLAB, GL-MKD, Brasil, analizador de fibra VELB SCIENTIFICA, Fiwe, España.

Reactivos: Ácido cítrico 99+%, grado alimentario; ácido sulfúrico (H₂SO₄) 95-97%; ácido gálico monohidratado 98%; metanol 80%; Folin-Ciocalteu al 2,1 N; carbonato de sodio

(Na_2CO_3) al 7,5%; Azino-bis (3- ettrylbenzothiazoline-6- sulfonic acid) diammonium salt (ABTS) al 98%; 1,1- Diphenyl-2-picril- hydrazil (DPPH) al 90%; metanol de grado HPLC-MS; ácido bórico al 2%; hipoclorito de sodio 5%, catequina, nitrito de sodio (NaNO_2) al 5%, cloruro de aluminio (AlCl_3) al 10%, hidróxido de sodio (NaOH) a 1 M, Vitamina E, sulfato potásico (K_2SO_4), sulfato de cobre (CuSO_4), indicador fenolftaleína al 1%, HCl , éter de petróleo 80%, isobutanol, hidróxido de potasio (KOH).

3.4. Metodología experimental

3.4.1. Obtención de muestras

Deshidratado de flor de plátano: Se siguió el protocolo propuesto por Tasnim et al. (2020) y Wickramarachchi y Ranamukhaarachchi (2005), donde se recolectaron las bellotas entre las 6:00 am y 8:00 am, cortando con un cuchillo entre la parte inferior del raquis y la parte superior de la bellota, se colocó en bolsas, se trasladó al laboratorio. Se separaron las brácteas de las flores, y estas fueron cortadas con un cuchillo considerando 5 mm de espesor aproximadamente, luego se remojaron durante 30 minutos en una solución de ácido cítrico al 0,2% (p/v) preparada previamente en una proporción 1:3 (flor/solución ácido cítrico), fueron escurridas, oreadas, extendidas en bandejas de aluminio para ser colocadas en el secador de aire caliente a 50 °C durante 24 h, las flores secas fueron molidas, tamizadas (tamiz malla N° 20, 850 μm), envasadas en frascos de vidrio protegidos de la luz con papel aluminio y conservadas en refrigeración.

Harina de frijol huallaguino: Según el protocolo mencionado por Flores (2022), los granos de frijol fueron seleccionados y remojados en una proporción frijol/agua (1:4 p/v) durante 10 h, fue escurrido, cocinado a temperatura de ebullición durante 2,5 h, se eliminó el agua de cocción y se dejó enfriar, luego fue molido utilizando una licuadora doméstica considerando una proporción de 1:1 (p/v) frijol/agua, la masa fue colocada en una bandeja extendiéndolo a un espesor de 1 cm aproximadamente, se secó a 50 °C durante 24 h en un secador de aire caliente, después fue molido, tamizado (tamiz malla N° 60, 250 μm), envasado en frascos de vidrios cubiertos con papel aluminio y almacenado a 4 °C.

Deshidratado de cáscara de papaya: Se siguió el procedimiento presentado por Bokaria y Ray (2016); la cáscara de papaya se lavó y desinfectó con hipoclorito de sodio a 200 ppm (15 g para 3 kg de agua) durante 10 minutos, se escurrió, oreó, luego se cortaron en cubos de aproximadamente 1 cm, se colocó en bandejas cribadas, para ser secadas utilizando un secador de lecho fluidizado a 60 °C con velocidad de aire de 20,04 Hz durante 8 h, los trozos deshidratados se almacenaron en frascos de vidrio protegidas de la luz en refrigeración.

3.4.2. Formulación y elaboración de barras nutricionales

Se realizó siguiendo el protocolo de Vinhal et al. (2022), con una fase seca del 60% y una fase aglomerante del 40%. Los insumos utilizados para la fase aglomerante fueron miel de caña y glucosa, y para la fase seca flores de plátano deshidratadas (FP), harina de frijol huallaguino (FH), cáscaras de papaya deshidratada (CP), semillas de zapallo, avena integral tostada (110 °C durante 2 minutos), hojuelas de quinua y maní tostado, tal como se detalla en la Tabla 1.

Tabla 1. Formulación de barras nutricionales a partir de pseudocomponentes

Ingredientes	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	T10
	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)
Flor de plátano deshidratada	-	15	3	15	12	12	3	10	10	10
Harina del frijol huallaguino	-	3	15	12	15	3	12	10	10	10
Cáscara de papaya deshidratada	-	12	12	3	3	15	15	10	10	10
Avena integral tostada	45	15	15	15	15	15	15	15	15	15
Semillas de zapallo	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
Maní tostada	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
Hojuelas de quinua	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
Glucosa	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20
Miel de caña	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20
Total	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100

Los 10 tratamientos fueron establecidos mediante superficie respuesta con el diseño de mezclas simple-centroide con restricciones, usado para investigar el efecto de los ingredientes de la fase seca como FP, FH, CP en las características sensoriales (textura, color, aroma, sabor, apariencia general) de barras nutricionales. La composición real fue determinada en base a los tres componentes que representan el 30% de toda la formulación, teniendo el porcentaje mínimo del 3% y máximo del 15%; que expresados en pseudocomponentes son 0,1 y 0,5 respectivamente; como la suma de pseudocomponentes es igual a 1 se considera el otro valor como 0,4 y se considera tres puntos centrales que tuvieron el valor de 0,3333 (Tabla 2).

Tabla 2. Pseudo-componentes para la composición real de los tratamientos

Tratamientos	Flor de plátano deshidratada (FP)	Harina de frijol huallaguino (FH)	Cáscara de papaya deshidratada (CP)
T2	0,5	0,1	0,4
T3	0,1	0,5	0,4
T4	0,5	0,4	0,1
T5	0,4	0,5	0,1
T6	0,4	0,1	0,5
T7	0,1	0,4	0,5
T8	0,3333	0,3333	0,3333
T9	0,3333	0,3333	0,3333
T10	0,3333	0,3333	0,3333

Para la elaboración de las barras nutricionales se siguió el protocolo propuesto por Ramírez-Jiménez et al. (2018), el flujograma se muestra en la Figura 5 y a continuación se describe las operaciones: los ingredientes se recibieron según lo especificado en la Tabla 1, el peso se realizó considerando el total del mismo para la barra nutricional de los diez tratamientos, los frutos secos (semilla de zapallo y maní) fueron cortados a un espesor promedio de 2,5 mm, en un recipiente de aluminio se mezcló los ingredientes de la fase seca (semilla de zapallo, maní, avena integral, hojuelas de quinua, flor de plátano deshidratada, harina de frijol huallaguino y cáscara de papaya) hasta lograr una homogeneidad entre todos los ingredientes. En otro recipiente se mezcló la fase aglomerante (glucosa y miel de caña), luego se adicionó a la mezcla de fase seca removiendo con una espátula hasta obtener una distribución homogénea. Esta mezcla se colocó en moldes rectangulares (20 g) y se distribuyó impidiendo que los ángulos del molde queden vacíos, se prensó, desmoldó en bandejas de aluminio, para finalmente ser horneadas a 110 °C durante 50 min. Se enfrió por 3 minutos a temperatura ambiente, con la ayuda de una espátula se despegó de la bandeja, para envasar en bolsas metálicas sellándolas herméticamente, posteriormente se almacenó bajo refrigeración hasta su posterior análisis.

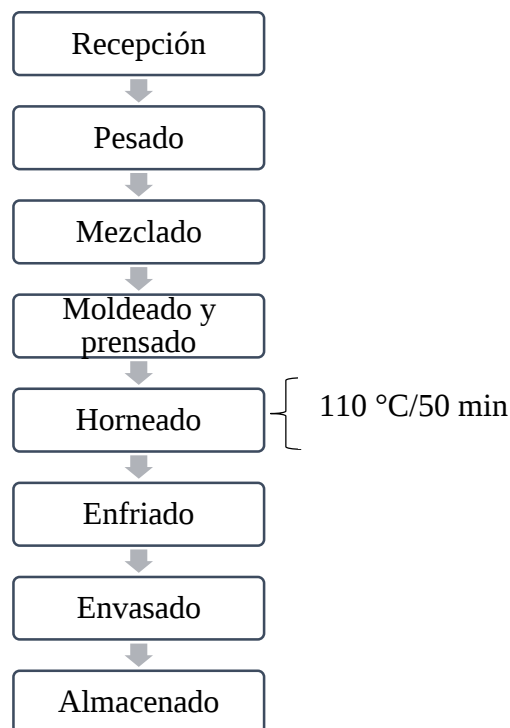


Figura 5. Flujograma del proceso de elaboración de barras nutricionales.

3.4.3. Análisis sensorial de las barras nutricionales elaboradas con flor de plátano deshidratada, harina de frijol huallaguino y cáscara de papaya.

3.4.3.1. Evaluación de la aceptabilidad

Esta se realizó según el procedimiento recomendado por Chávez et al. (2021), para lo cual se preparó una ficha de evaluación sensorial (Anexo-I) considerando el término de consentimiento y prueba de aceptabilidad. En la evaluación sensorial se estableció el criterio de consentimiento, donde el panelista marcó con un aspa si acepta o no realizarla. En la prueba de aceptabilidad se consideró la participación de 62 panelistas consumidores de snacks, mayores de 18 años entre varones y mujeres, pertenecientes a los últimos ciclos y egresados de la Facultad de Ingeniería en Industrias Alimentarias (FIIA) de la Universidad Nacional Agraria de la Selva (UNAS); a los que se les informó previamente sobre el producto. Para la evaluación se utilizó una escala no estructurada de 10 cm (desde 0 = me disgusta muchísimo hasta 10 = me gusta muchísimo), cada panelista calificó trazando una línea vertical sobre la escala horizontal. Los atributos considerados fueron: textura, aroma, color, sabor, apariencia general. La prueba se realizó en tres sesiones (tres diferentes días) de 9:00 am hasta las 12:00 m cada una; para ello se ubicaron diez barras nutricionales de 4 g cada una en platos de vidrio codificados con números de tres dígitos, el orden de los tratamientos presentados a cada panelista fue aleatorio; se colocó en la parte inferior del plato la ficha de evaluación

sensorial, un lápiz, así mismo un vaso con agua en el lado izquierdo; los panelistas fueron orientados sobre el procedimiento correspondiente para la evaluación.

Los resultados se analizaron estadísticamente mediante la varianza (ANOVA) con el diseño bloque completo al azar, la prueba de comparación de medias por scott knott; considerando la variable independiente a los ingredientes no convencionales (FP, HF y CP), como bloque a los panelistas, la variable dependiente fueron las propiedades sensoriales (textura, color, aroma, sabor, apariencia general y aceptación global).

Con los resultados de la prueba de aceptabilidad para textura, color, aroma, sabor, apariencia general y aceptación global se realizó la optimización con la estadística de superficie respuesta mediante el diseño de mezclas simplex-centroide con restricciones.

3.4.3.2. Diseño de mezclas simplex-centroide y modelos

El diseño de mezclas simplex-centroide, parte de la metodología de superficie respuesta, consiste en un triángulo que representa todo el universo de posibilidades de mezcla con tres ingredientes (Siche et al., 2016). Este diseño establece un modelo de superficie que evalúa las interacciones entre las variables, determinando la combinación óptima para maximizar el resultado deseado. Se siguió el procedimiento recomendado por Martínez-Ramos et al. (2020), donde se utilizó este diseño para determinar el efecto de la composición de barras nutricionales elaboradas con FP, FH y CP, sobre las características sensoriales (textura, aroma, color, sabor, apariencia y aceptación global).

Los datos obtenidos en el análisis de aceptabilidad para cada característica sensorial se ajustaron a la Ecuación (1) como modelo de polinomio cuadrático:

$$y = \beta_1x_1 + \beta_2x_2 + \beta_3x_3 + \beta_{12}x_1x_2 + \beta_{13}x_1x_3 + \beta_{23}x_2x_3 \dots (1)$$

Donde “y” representa la respuesta predicha, β_n coeficientes de regresión que surgen de la evaluación de las características sensoriales, siendo x_1, x_2, x_3 los porcentajes de FP, FH y CP respectivamente. Los gráficos de contorno fueron elaborados con los modelos de mayor coeficiente de determinación (R^2) y significativos ($p < 0,05$) para los atributos de textura, color, aroma, sabor, apariencia general y aceptación global, obtenidos mediante un análisis de varianza (ANOVA), utilizando el software R estadística, versión 4.1.3.

3.4.3.3. Perfil de deseabilidad

Este es un método que integra varios atributos en un solo índice de deseabilidad, simplificando la toma de decisiones al optimizar múltiples criterios o

respuestas. Para determinar la proporción óptima de FP, FH y CP en las barras nutricionales, se utilizó este perfil de deseabilidad, enfocándose en los atributos con diferencias significativas: sabor, apariencia general y aceptación global.

La validación de los modelos matemáticos del diseño de mezclas, se realizó utilizando el tratamiento óptimo, para garantizar la precisión, confiabilidad de los modelos, como también la adecuada alineación de los datos experimentales.

3.4.3.4. Validación de los modelos del diseño de mezclas simplex-centroide

Para la validación de los modelos se realizó la prueba de aceptabilidad (ítem 3.4.3.1), se consideró el tratamiento óptimo (T7), así también dos extremos (T2 y T5), para cada uno de ellos se tomaron los promedios de cada variable respuesta, siendo estos los valores experimentales (Y_{exp}). Así mismo, reemplazando los códigos de los porcentajes óptimos (0,1 FP, 0,4 FH y 0,5 CP) en los modelos matemáticos para los atributos textura, color, aroma, sabor, apariencia general, aceptación global se obtuvo los valores calculados ($\hat{Y}$). Para obtener el porcentaje de variación de los valores experimentales (Y_{exp}) con los calculados se consideró la Ecuación (2) y se realizó una correlación de Pearson.

$$\text{Variación (\%)} = \frac{|\hat{Y} - Y_{exp}|}{\hat{Y}} \times 100 \dots (2)$$

3.4.3.5. Selección de términos para la prueba marque todo lo que corresponda (Check All That Apply) (CATA).

Se siguió el procedimiento recomendado por Ribeiro et al. (2022), en la cual se genera una lista predeterminada de descriptores sensoriales basados en palabras respecto al producto gracias al conocimiento o evaluaciones previas. Se preparó la ficha denominada CATA (Anexo-II) considerando los atributos textura, aroma, color, sabor, apariencia general. Se elaboró barras nutricionales considerando cinco tratamientos diferenciados en base a su composición, siendo estas T1 (0% FP, 0% FH y 0% CP), T2 (15% FP, 3% FH y 12% CP), T5 (12% FP, 15% FH y 3% CP), T7 (3% FP, 12% FH y 15% CP), T9 (10% FP, 10% FH y 10% CP). El panel sensorial estuvo conformada por diez panelistas consumidores de barras de cereales, cuyas edades están comprendidas entre 18 a 30 años, estudiantes de últimos ciclos y egresados de la carrera profesional de la FIIA de la UNAS. La sesión se realizó de 8:00 am hasta 12:00 m, a cada evaluador se les presentaron cinco muestras, distribuidas aleatoriamente en platos de vidrio codificadas con números de tres dígitos, junto con la ficha CATA, un lápiz, y un vaso con agua mineral para enjuagarse la boca; a los

evaluadores se les pidió probar cada muestra, generar individualmente dos a tres términos apropiados que describan a la barra nutricional en cuanto a su textura, aroma, color, sabor y apariencia general.

Análisis estadístico: Los datos recopilados de este test se encuentran en la Tabla de contingencia (Anexo-III a, b y c) que contiene los descriptores (columnas) por productos (filas). Los descriptores fueron seleccionados eligiendo aquellos que diferenciaban mejor a cada barra nutricional. Los descriptores totales fueron 289, se seleccionaron 47, con éstos se formó la lista de preguntas CATA para la evaluación sensorial.

3.4.3.6. Análisis de correlación, análisis de correspondencia y mapa de calor mediante la prueba marque todo lo que corresponda (Check All That Apply) (CATA).

Se procedió de la misma manera que la prueba de aceptabilidad (ítem 3.4.3.1.), se consideró 62 evaluadores, tres sesiones comprendidas entre las 9 am hasta 12 m por sesión. Los 47 descriptores seleccionados anteriormente fueron colocados aleatoriamente en la ficha sensorial de la prueba CATA (Anexo-IV), siendo 7 descriptores de textura, 7 de color, 10 de aroma, 15 de sabor, 8 de apariencia general. Se pidió a los panelistas que probaran las muestras, marcaran todas las características que crean correspondan para cada una de ellas. Para esta prueba se utilizó el análisis de correlación de Pearson, el análisis de correspondencia (AC), para los atributos la prueba de Q'chrochan con PosHoc, además para el agrupamiento de las muestras el mapa de calor (Heat map) con agrupación jerárquica de componentes principales (HCPC). El análisis de los datos se realizó mediante el software R Studio versión 4.1.3 (16-06-2023).

3.4.3.7. Evaluación de la intención de compra

Para la evaluación de la intención de compra se siguió el procedimiento indicado por Ramírez-Jiménez et al., (2018) con algunas modificaciones, se utilizó la metodología descrita en la evaluación de la aceptabilidad (ítem 2.4.3.1); una escala de Likert 5 puntos (1 = Nunca lo compraría, 2 = Creo que no lo compraría, 3 = No sé si lo compraría, 4 = Tal vez lo compraría y 5 = Si lo compraría) (Anexo-V), donde cada panelista marcó en la escala según su preferencia cuando probó la muestra. Los resultados se analizaron por medio de conglomerados jerárquicos de los panelistas y Tabla de frecuencia, con el software R Studio versión 4.1.3 (16-06-2023).

3.4.3.8. Obtención de datos sociodemográfico

Para ello se realizó algunas modificaciones al procedimiento de Chávez et al. (2021), en la recolección de datos se utilizó la metodología descrita en el ítem 2.4.3.1. (Con 62 panelistas y en tres sesiones), se mejoró la ficha sensorial mostrada en el Anexo-VI, a cada panelista se le pidió que marquen, según su edad, convivencia, salario familiar, género, grado de instrucción. Los datos obtenidos fueron analizados mediante la Tabla de frecuencias, utilizando el software R Studio versión 4.1.3 (16-06-2023).

3.4.4. Análisis de perfil de textura (APT) en barras nutricionales

Para este análisis se consideraron los tratamientos T2, T5 y T7, además se incluyó el T0 (testigo), que fue elaborado según los ingredientes de la Tabla 1 sin considerar el FP, FH y CP; cada tratamiento se realizó siete veces (7 muestras), considerando tres puntos en cada barra (Figura 6), con un total de 21 repeticiones.

La medición del análisis de textura se realizó según el procedimiento recomendado por Maia et al. (2021) con ligeras modificaciones; se utilizó el texturómetro Brookfield AMETEK CTX, con una celda de 10 kg. El análisis se realizó ajustando el texturómetro a los parámetros establecidos para la muestra (base límite de 122 mm y el tope límite de 108 mm, se colocó la sonda cilíndrica TA39 de 2 mm, con una mesa base de fijación TA-BT-KIT). Para el cálculo de los parámetros de textura mediante el perfil de curvas fuerza-tiempo se utilizó el software TexturePro; a una velocidad de pre-prueba de 1 mm/s y prueba de 0,5 mm/s, además se consideró la distancia de deformación del 40% de espesor de la muestra (4 mm) por dos ciclos. Se ubicó la barra nutricional sobre la mesa base de fijación, se inició la prueba, terminados los dos ciclos se seleccionó los parámetros de dureza, cohesividad, adhesividad, elasticidad, masticabilidad. Los resultados fueron exportados a una hoja de cálculo excel. Los datos obtenidos se procesaron mediante la prueba de Kruskal Wallis con el software R Studio versión 4.1.3 (16-06-2023).

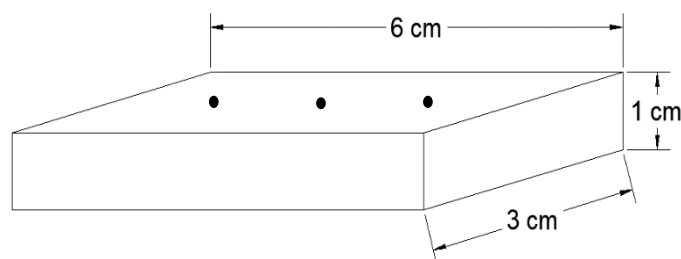


Figura 6. Esquema tridimensional de la barra nutricional.

3.4.5. Determinación de fenoles totales, flavonoides totales y capacidad antioxidante de barras nutricionales

3.4.5.1. Fenoles totales

Para la cuantificación de fenoles totales se utilizó el método espectrofotométrico propuesto por Folin y Ciocalteu *et al.* (1927), se siguieron los siguientes pasos.

Preparación del extracto: Se pesó 1 g de muestra T0, T2, T5 y T7; se colocó en tubos Falcon y se añadió a cada uno 20 mL de disolvente metanol/agua (80:20, v/v). Las muestras se homogeneizaron en un agitador orbital a temperatura ambiente por 12 h. Posteriormente, las soluciones se filtraron, se centrifugaron a 10000 rpm durante 10 minutos a 4 °C, se recuperó el sobrenadante de cada muestra, se almacenó a -20 °C hasta su posterior análisis.

Elaboración de la curva estándar: A partir de la solución madre de ácido gálico a 1000 µg/mL, se prepararon concentraciones estándar de 10, 25, 50, 75 y 100 µg/mL. De éstos se tomaron 100 µL, se agregaron en una cubeta de poliestireno junto con 500 µL de solución de Folin-Ciocalteu (0,2 N), 400 µL de Na₂CO₃ al 7,5%, estos fueron homogenizados. Para el blanco, se siguió el mismo procedimiento, utilizando agua. Las muestras se incubaron a temperatura ambiente durante 2 h, se realizó la lectura de las absorbancias en un espectrofotómetro UV/VIS a una longitud de onda de 740 nm. Con los resultados se construyó una curva patrón de absorbancia vs concentración (Anexo-VIIa), que mostró una relación lineal representada por la ecuación $Y = 0,0990x + 0,0069$, con un coeficiente de determinación (R^2) de 0,999.

Determinación de fenoles totales en la muestra: Se partió del extracto 50 mg/mL; donde en una cubeta de poliestireno se colocó 100 µL del extracto, 500 µL del reactivo de Folin-Ciocalteu y 400 µL de Na₂CO₃ al 7,5%, se dejó reposar por 2 h a temperatura ambiente, se procedió a medir la absorbancia en un espectrofotómetro UV/VIS a una longitud de onda de 740 nm. La absorbancia obtenida se utilizó para calcular la concentración de ácido gálico equivalente utilizando la ecuación de la curva estándar previamente obtenida, el resultado se expresó en unidades de equivalente de ácido gálico por 100 gramos de muestra (g GAE/100 g de muestra).

3.4.5.2. Flavonoides totales

El contenido de flavonoides totales en las muestras de barras nutricionales se determinó con la metodología propuesta por AL-Ghudani y Hossain (2015), utilizando catequina como estándar.

Elaboración de la curva estándar: Se prepararon diferentes concentraciones estándar (1, 5, 10, 20, 30, 40 y 50 µg/mL) a partir de una solución madre de catequina a 1000 µg/mL. En las cubetas se colocaron 100 µL de cada concentración, se añadió 30 µL de nitrito de sodio (NaNO₂) al 5% a cada cubeta, se agitaron y dejaron reposar durante 6 min en oscuridad. Concluido el tiempo a cada una de ellas se adicionó 30 µL de cloruro de aluminio (AlCl₃) al 10%, se agitaron; después de 5 minutos de reposo se adicionaron 200 µL de hidróxido de sodio (NaOH) a 1 M, 640 µL de agua destilada. Se registró la lectura de las absorbancias en un espectrofotómetro UV/VIS a una longitud de onda de 510 nm, se construyó una curva patrón de absorbancia vs concentración (Anexo-VIIb) representada por la ecuación $Y = 0,0264x + 0,0276$, con R^2 de 0,9997.

Determinación en la muestra: En una cubeta de poliestireno se adicionó 100 µL del extracto (50 mg/mL), se hizo reaccionar en oscuridad durante 6 min con 30 µL de NaNO₂, se adicionó 30 µL de AlCl₃, dejando reposar durante 5 min, se añadió 200 µL de NaOH y 640 µL de agua destilada. Se realizó la lectura de la absorbancia en un espectrofotómetro UV/VIS a 510 nm, fue remplazado en la ecuación de la curva estándar, el resultado se expresó en gramo de equivalente de catequina por 100 gramos de muestra (g EC/100 g).

3.4.5.3. Capacidad antioxidante

✓ Capacidad de inhibir el radical libre 1,1-difenil-2-picrilhidrazil (DPPH⁰⁺)

Para este análisis se utilizó el método de Brand-Williams et al. (1995); para ello se preparó una solución stock de DPPH a 1 mM utilizando metanol de grado HPLC-MS, la cual se almacenó a 4 °C. A partir de esta solución stock, se preparó una solución de trabajo a 100 µM.

Elaboración de la curva estándar: Se prepararon soluciones estándar de Trolox (Vitamina E) de concentraciones: 0,03; 0,02; 0,01 y 0,005 mM. Para llevar a cabo la reacción, en cubetas de poliestireno se añadieron 25 µL del estándar de Trolox, 975 µL de la solución de trabajo de DPPH, se realizó la lectura en un espectrofotómetro UV/VIS a una longitud de onda de 515 nm durante un período de 30 minutos. Con los datos obtenidos realizó para generar la curva de calibración de absorbancia vs concentración, que mostró una relación lineal representada por la ecuación $Y = 30,224x - 0,0631$, con un coeficiente de determinación (R^2) de 0,9976 (Anexo-VIIc).

Determinación en la muestra: Se realizó colocando 25 µL de extracto (50 mg/mL) en cubetas de poliestireno, se adicionó 975 µL de la solución de trabajo de DPPH a cada cubeta. Tras un periodo de 30 min de reacción, se midió la absorbancia a 515 nm utilizando un

espectrofotómetro UV/VIS, y se determinó la concentración de antioxidantes equivalentes de Trolox utilizando la curva de calibración previamente establecida; cuyos resultados fueron expresados en mmol ET/100 g muestra (mmol Equivalente Trolox por 100 gramos de muestra).

✓ **Capacidad de inhibir el radical libre 2,2-azinobis (3-etilbenzotiazoline-6-ácido sulfónico) (ABTS⁰⁺)**

Para esta prueba se utilizó el método de Re et al. (1999), donde a una solución de ABTS a 7 mM, se le hizo reaccionar con 200 µL de persulfato potásico (2,45 mM), este se dejó reposar a temperatura ambiente evitando el contacto con la luz durante 16 h. Una vez formado el radical ABTS⁰⁺ se diluyó con agua para obtener soluciones de trabajo de 140 mM a una absorbancia de $0,7 \pm 0,02$ con longitud de onda de 734 nm.

Elaboración de la curva estándar: Para la curva de calibración se prepararon soluciones estándar con Trolox (2 mM) de concentraciones 0,015; 0,010; 0,005; 0,003 y 0,001 mM. En cubetas se añadieron 10 µL de cada una de las concentraciones con 990 µL de la solución de trabajo de ABTS⁰⁺, además se preparó un blanco remplazando la muestra por alcohol. Luego, de 30min se midió la absorbancia en un espectrofotómetro UV/VIS a 734 nm y se graficó una curva de absorbancia vs concentración, se encontró la relación lineal $Y = 43,118x - 0,0175$, con coeficiente de determinación de 0,9999 (Anexo-VIID).

Determinación en la muestra: Se tomó 10 µL del extracto (50 mg/mL), se adicionó 990 µL de solución de trabajo de ABTS⁰⁺, se esperó que reaccionara durante 30 minutos, se realizó la lectura de la absorbancia en un espectrofotómetro UV/VIS a 734 nm de longitud de onda; este resultado se remplazó en la curva estándar, la concentración obtenía fue expresada en mmol ET por 100 gramos de muestra (mmol ET/100 g).

Análisis estadístico: Los resultados de fenoles totales, flavonoides totales, capacidad antioxidante de DPPH, así como ABTS con tres repeticiones se analizó estadísticamente mediante un diseño completo al azar (DCA) y para la comparación de medias la prueba de Tukey, en el software R estadística, versión 4.1.3.

3.4.6. Análisis fisicoquímico de las barras nutricionales

Humedad: Se usó el método propuesto por la AOAC (1990) N° 925.09, para ello se molió la muestra, se pesó la placa petri vacía más 2 g aproximadamente (b), la placa con la muestra fue colocada en una estufa a 105 °C hasta peso constante (4 h), concluido el tiempo se retiró de la estufa, se colocó 15 min en un desecador, se pesó poco después de alcanzar la temperatura ambiente (c). Para el cálculo del resultado se utilizó la Ecuación (3).

$$\text{Humedad}(\%) = \frac{b - c}{a} \times 100 \dots \dots \dots (3)$$

Dónde: a = peso de muestra

Proteína bruta: Se utilizó el procedimiento N° 960.52, AOAC (1990), donde se pesó 0,1 g aproximados de muestra molida (c) en papel manteca y 0,7 g de catalizador (mezcla de K_2SO_4 - CuSO_4), el papel fue enrollado, se introdujo en el balón de digestión de 20 mL, se añadió 2,5 mL de H_2SO_4 (96%), de la misma forma se preparó un blanco (sin muestra). El balón fue colocado en el digestor durante 5 min con movimientos giratorios a baja temperatura, se fue incrementando hasta 400 °C durante 2 horas hasta un color verde cristalino. La muestra digerida se colocó en otro balón de 50 mL añadiendo agua destilada, se trasladó al sistema de destilación, se añadió 6 mL de NaOH al 50%, el destilado se recibió en un vaso precipitado de 100 mL que contenía 20 mL de ácido bórico al 2%, más 3 gotas de indicador mixto (mezcla rojo de metilo con azul de metileno) hasta 40 mL; el destilado fue titulado con ácido clorhídrico (HCl) a 0,0865 N (b) hasta viraje de color rojo vino y se registró el gasto en mL, el blanco también fue titulado, el gasto fue utilizado para corregir el gasto de la muestra (a). El porcentaje total de nitrógeno en la muestra (%N) se calculó con la Ecuación (4), este se multiplicó por el factor 5,75 para determinar el porcentaje de proteína según la Ecuación (5).

$$\text{N}(\%) = \frac{(a \times b) \times 0,014}{c} \times 100 \dots \dots \dots (4)$$

Dónde: 0,014 es el peso miliequivalente del nitrógeno molecular (meq N_2).

$$\text{Proteína bruta}(\%) = \%N \times 5,75 \dots \dots \dots (5)$$

Grasa: Se determinó mediante el método N° 920.39 indicado por la AOAC (1990), para lo cual se pesó 5 g de muestra aproximadamente (m_1), se adicionó a un dedal de celulosa, el cual fue colocado en el equipo de extracción de grasa Soxhlet. Por otro lado, se pesó el vaso del equipo (m_3), se añadió 150 mL de éter de petróleo, se colocó en el equipo para realizar 15 ciclos de extracción de grasa durante 3 h, se enjuagó por 20 min; pasado este tiempo se evaporó, recuperó el éter de petróleo, la muestra se secó en una estufa a 40 °C durante 1 h (cuando quedaba aproximadamente 30 mL), se enfrió y pesó (m_2). La cantidad de grasa se calculó mediante la Ecuación (6).

$$\text{Grasa}(\%) = \frac{m_2 - m_3}{m_1} \times 100 \dots \dots \dots (6)$$

Dónde: m_1 = peso de la muestra (g); m_2 = peso del matraz con grasa seca (g); m_3 = peso del matraz vacío (g).

Fibra cruda: Se siguió el método N° 962.09 recomendado por la AOAC (1990), donde se pesó 0,5 g aproximadamente de muestra (m_1), se colocó dentro de un crisol de vidrio, adicionándole

0,2 mL de isobutanol (antiespumante). Para la digestión ácida se añadió 150 mL de H_2SO_4 al 1,25% durante 30 min, concluida la digestión se procedió a una fase de enjuague con 50 mL de agua destilada caliente a 95 °C por 5 min, esto se repitió tres veces. Se realizó una digestión básica con 0,2 mL de antiespumante, 150 mL de KOH al 1,25% durante 30 min, luego se procedió al enjuague al igual que en la digestión ácida. Concluida la digestión se colocó en una estufa a 105°C durante 3 h, se enfrió en el desecador, se pesó (m_3). La muestra seca se calcinó en una mufla a 525°C por 3 h, se enfrió en un desecador y pesó (m_2). Para el cálculo del contenido de fibra se usó la Ecuación (7).

$$\text{Fibra cruda (\%)} = \frac{(m_3 - m_2)}{m_1} \times 100 \dots \dots (7)$$

Ceniza: Se realizó según el método N° 923.03 recomendado por la AOAC (1990), se pesó un crisol de porcelana vacío (a), se le añadió aproximadamente 2 g de muestra molida (b). El crisol con la muestra se colocó en una estufa a 105°C durante 2 h para eliminar la humedad, cumplido el tiempo se transfirió a una mufla precalentada a 525°C durante 5 h, hasta que la ceniza adquirió un color blanco o gris; después de la calcinación, el crisol con la ceniza se enfrió en un desecador hasta alcanzar la temperatura ambiente, se pesó (c). Los resultados se calcularon utilizando la Ecuación (8).

$$\text{Ceniza (\%)} = \frac{(c - a)}{b} \times 100 \dots \dots (8)$$

Carbohidratos: Se determinó por diferencia con la metodología recomendada por Souiy et al. (2022), donde se utilizó la Ecuación (9).

$$\text{Carbohidratos (\%)} = 100 - (\text{Humedad} + \text{Proteína} + \text{Grasa} + \text{Fibra} + \text{Ceniza}) \dots \dots (9)$$

pH: Se utilizó el procedimiento mencionado por Souiy et al. (2022), se calibró el potenciómetro con una solución buffer de pH 4 (biftalato), pH 7 (fosfato), pH 10 (borato). Se pesó 1g de muestra molida en un vaso precipitado, diluyéndolo con 10 mL de agua destilada, se hizo la lectura del pH, con tres repeticiones para cada tratamiento.

Acidez titulable: Se procedió mediante la metodología de Kajala et al. (2015), se pesó 5g aproximados de muestra molida, se colocó en un vaso precipitado, adicionándole 50 mL de agua destilada, se mezcló, se dejó reposar durante 30 min, se adicionó tres gotas de fenolftaleína al 1% como indicador, se tituló con NaOH al 0,1 N hasta viraje de amarillo a violeta, para el blanco se utilizó agua destilada que también fue titulada, se registró el gasto (mL). La acidez titulable se determinó con la Ecuación (10), fue expresado como porcentaje de ácido cítrico.

$$\text{Acidez titulable (\%)} = \frac{V_{\text{gasto}} \times N_{\text{NaOH}} \times ME}{M} \times 100 \dots (10)$$

Donde: V_{gasto} = gasto de NaOH (L), N_{NaOH} = Normalidad del NaOH (equivalentes/L), ME = masa equivalente del ácido cítrico (64) y M = masa de la muestra.

Análisis estadístico: Los datos obtenidos en el análisis fisicoquímico (humedad, proteína bruta, grasa, fibra cruda, ceniza, pH y acidez titulable) con tres repeticiones para T1, T2, T5 y T7, se analizaron mediante un DCA, para la comparación de múltiples rangos la prueba de Tukey, utilizando el software R estadística, versión 4.1.3.

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Evaluación sensorial de las barras nutricionales elaboradas con flor de plátano deshidratada, harina de frijol Huallaguino y cáscara de papaya.

4.1.1. Evaluación de la aceptabilidad

La aceptabilidad mide el gusto o aceptación del consumidor hacia un nuevo producto y puede ser evaluada por diferentes tipos de escalas; Has et al. (2023) indican que esta prueba proporciona información sobre las preferencias del consumidor, generalmente utilizando la escala hedónica de 9 puntos; en contraste, Siche et al. (2016) señalan que una escala no estructurada de 10 cm permite obtener información más detallada sobre datos continuos. Los resultados de aceptabilidad, considerando el testigo con los 9 tratamientos (Anexo-VIII) mostraron diferencias significativas; Garcia et al. (2018) destacan que el uso de un nuevo ingrediente en productos alimenticios puede ofrecer ventajas nutricionales; sin embargo, su incorporación puede modificar la estructura del alimento, lo que a su vez puede provocar cambios sensoriales positivos o negativos.

En la Tabla 3 se presentan los resultados de aceptabilidad de las barras nutricionales, considerando 9 tratamientos (sin el testigo); el análisis estadístico muestra diferencias significativas ($p < 0,05$) en el atributo textura. Los mejores promedios fueron $4,90 \pm 2,06$ y $4,86 \pm 2,23$ para los tratamientos T7 y T3, respectivamente, es importante señalar que ambos tratamientos tienen el menor porcentaje de FP (3%); al considerar porcentajes de 10%, 12% y 15%, se observó una disminución en la aceptabilidad de la textura; lo cual es coherente con lo expresado por Anand et al. (2020) quienes reportan en crema de “hummus” elaborada con polvo de flor de plátano, que un aumento en la cantidad de este ingrediente reduce la aceptabilidad en cuanto a textura; de manera similar Zehla et al. (2018) encontraron en un dulce “laddu” elaborado con jarabe de azúcar, que la incorporación del 35% de polvo de flor de plátano resultó en la mejor textura (7,47), pero al utilizar 50% y 65%, la textura disminuyó.

El color es un atributo sensorial que permite evaluar la calidad externa de los alimentos, este atributo mostró una diferencia significativa ($p < 0,05$), siendo el mejor puntaje para el tratamiento T7, con un valor de $5,65 \pm 2,12$, seguido por el T6, que obtuvo $4,93 \pm 2,12$; es relevante destacar que ambos tratamientos tuvieron una cantidad mayor de CP (15%), mientras que los tratamientos con cantidades menores (12%, 10% y 3%) obtuvieron puntajes más bajos; similar resultado fue obtenido por Mate et al. (2021) en galletas elaboradas con un 3% de harina de cáscara de papaya, el puntaje de aceptabilidad en cuanto al color fue de 9,0, disminuyendo al reducir esta cantidad y los resultados muestran una discrepancia con el

resultado obtenido por Samakradhamrongthai et al. (2021) quienes encontraron que en barras formuladas con cereales y frutas, la aceptabilidad del color fue de 7,4 con la adición del 14% de frutas, que disminuyó con mayores cantidades de este ingrediente.

El aroma es un atributo percibido por el olfato, activado por la presencia de determinadas sustancias; las células receptoras ubicadas en el epitelio de la nariz interactúan con estas sustancias. La prueba estadística indica que el aroma no mostró diferencia significativa ($p > 0,05$); el cual muestra similitud con el estudio de Maia et al. (2021) en barras elaboradas con una combinación de copos de arroz, copos de avena, harinas de legumbres, plátanos secos, azúcar invertido, azúcar, lecitina, aceite de soja, sal, maltodextrina y agua, no encontraron diferencia estadística en el atributo aroma, lo que sugiere la homogeneidad de los tratamientos; asimismo existe concordancia con los resultados obtenidos en este estudio y el de Appelt et al. (2015), quienes reportaron en barras que contenían harina de cáscara de jabuticaba, harina de okara, copos de avena, azúcar rubia, coco tostado, grasa hidrogenada, jarabe de glucosa y copos de arroz, la mezcla de estos ingredientes no influyó en el aroma.

El sabor es el resultado de una compleja combinación de percepciones sensoriales, el análisis estadístico no mostró diferencia significativa ($p > 0,05$); los puntajes variaron entre $3,97 \pm 2,20$ para el tratamiento T4 y $5,56 \pm 2,30$ para el T7; ello demuestra que existe semejanza con la investigación de Aparecida et al. (2016) donde informaron que en barras de cereales con adición de harina de cáscara de piña (T1: 2,9%, T2: 5,6% y T3: 8,2%), los tres tratamientos no mostraron diferencias significativas; de manera similar, Silva et al. (2019) no encontraron diferencias significativas en el sabor de barras de cereal con adición de zanahoria y remolacha (F2: 75% y 25%, F3: 100% y 0%).

La apariencia general es crucial en el primer contacto del consumidor con un producto, ya que cada producto tiene una apariencia esperada que se asocia con reacciones personales de aceptación, indiferencia o rechazo (Garcia et al., 2018). En el caso de las barras con ingredientes no convencionales, la apariencia tuvo un efecto significativo ($p < 0,05$); los mejores tratamientos fueron T7 y T6, con puntajes promedio de $5,52 \pm 2,06$ y $5,16 \pm 1,95$, respectivamente, ambos con un 15% de CP; en contraste los tratamientos T4 ($3,87 \pm 1,94$) y T5 ($4,22 \pm 2,20$) que presentaron un menor porcentaje de CP (3%), mostraron una menor aceptabilidad en apariencia; similar resultado reportaron Carvalho y Conti-Silva (2017) en barras elaboradas con cáscara de plátano puntajes que variaron de 3,3 a 7,0 en el atributo de apariencia con aumento de este; asimismo concuerda con lo indicado por Kaur et al. (2018), quienes mencionan que el aumento de cereales, frutas y edulcorantes en barras de cereales incrementa la puntuación de la apariencia.

Tabla 3. Puntajes de aceptabilidad de los atributos textura, color, aroma, sabor, apariencia general y aceptación global en barras nutricionales sin considerar al testigo.

Tratamientos (FP; FH; CP)	Textura ¹	Color ¹	Aroma ¹	Sabor ¹	Apariencia ¹ general	Aceptación ¹ global
T2 (0,5; 0,1; 0,4)	4,35 ± 2,03 ^b	4,55 ± 2,17 ^c	4,78 ± 1,90 ^a	4,40 ± 2,20 ^a	4,72 ± 1,77 ^b	4,56 ± 1,60 ^c
T3 (0,1; 0,5; 0,4)	4,86 ± 2,23 ^a	4,37 ± 1,96 ^c	4,84 ± 2,13 ^a	4,78 ± 2,27 ^a	4,72 ± 2,17 ^b	4,71 ± 1,84 ^b
T4 (0,5; 0,4; 0,1)	3,81 ± 2,10 ^b	3,81 ± 1,98 ^c	4,27 ± 2,11 ^a	3,97 ± 2,20 ^a	3,87 ± 1,94 ^c	3,95 ± 1,64 ^d
T5 (0,4; 0,5; 0,1)	4,32 ± 2,45 ^b	4,30 ± 2,24 ^c	4,93 ± 2,23 ^a	4,59 ± 2,29 ^a	4,22 ± 2,20 ^c	4,47 ± 1,86 ^c
T6 (0,4; 0,1; 0,5)	4,05 ± 2,21 ^b	4,93 ± 2,12 ^b	5,07 ± 2,09 ^a	4,72 ± 2,41 ^a	5,16 ± 1,95 ^a	4,79 ± 1,75 ^b
T7 (0,1; 0,4; 0,5)	4,90 ± 2,06 ^a	5,65 ± 2,12 ^a	5,16 ± 1,92 ^a	5,06 ± 2,30 ^a	5,52 ± 2,06 ^a	5,26 ± 1,63 ^a
T8 (0,33; 0,33; 0,33)	3,90 ± 2,26 ^b	4,50 ± 2,08 ^c	4,76 ± 1,93 ^a	4,37 ± 2,10 ^a	4,59 ± 1,91 ^b	4,42 ± 1,55 ^c
T9 (0,33; 0,33; 0,33)	3,94 ± 2,05 ^b	4,61 ± 1,80 ^c	4,61 ± 1,97 ^a	4,74 ± 2,13 ^a	4,51 ± 1,76 ^b	4,48 ± 1,48 ^c
T10 (0,33; 0,33; 0,33)	4,32 ± 2,26 ^b	4,26 ± 2,05 ^c	4,62 ± 2,12 ^a	4,56 ± 2,36 ^a	4,62 ± 1,98 ^b	4,47 ± 1,83 ^c

¹Los datos representan promedio ± desviación estándar del experimento, valores de una misma columna con superíndices diferentes son significativos ($p < 0,05$). La expresión Tn (FP; FH; CP), indica Tn: número de tratamiento, FP: fracción de flor de plátano deshidratada, FH: fracción de harina de frijol Huallaguino y CP: fracción de cáscara de papaya deshidratada.

La aceptación global se obtuvo a partir del promedio de todos los atributos mencionados anteriormente, presentó diferencia significativa ($p < 0,05$). El tratamiento T7 tuvo la aceptación mayor con un puntaje de $5,26 \pm 1,63$, mientras que el T4 registró un puntaje menor, con $3,95 \pm 1,64$; la diferencia entre ambos se debe al contenido de FP y CP, una mayor cantidad de CP (15%) contribuye al aumento de la aceptación global, mientras que una mayor cantidad de FP (15%) la reduce; concordando con Tasmin et al. (2021), quienes al elaborar tortas con harina de flor de plátano, encontraron que un porcentaje menor (4%) generó una mayor aceptación general ($7,27 \pm 0,59$); de forma similar con Aparecida et al. (2016), que reportaron una buena aceptación general en barras elaboradas con cáscara de piña con un porcentaje del 5,6%, obteniendo puntajes inferiores con porcentajes de 2,9% y 8,2%.

4.1.2. Diseño de mezclas simplex centroide y modelos

Las ecuaciones de regresión calculadas con el diseño de mezcla simplex-centroide con restricciones para textura, color, sabor, aroma, apariencia general y aceptación global, se presentan en la Tabla 4; según M'hir et al. (2023), este tipo de diseño es ampliamente utilizado en la formulación de alimentos, permite la predicción de modelos e identificación de efectos sinérgicos o antagónicos de los componentes. Las respuestas generadas por la mezcla de HP, HF y CP mostraron buenos coeficientes de determinación ($R^2 > 0,86$), lo que indica que los modelos seleccionados describen adecuadamente la relación entre los factores experimentales con las variables de respuesta; además, todos los resultados fueron significativos ($p < 0,05$). Los signos positivos de los coeficientes del modelo indican sinergia, mientras los negativos sugieren antagonismo, mostrando que efectos combinados de los ingredientes generan respuestas mayores cuando se mezclan (sinergia), mientras que los coeficientes negativos indican lo contrario (antagonismo) (Siche et al., 2016). El gráfico de contorno, obtenido a partir de las ecuaciones de regresión (Tabla 4), vincula el valor de las respuestas con las combinaciones de tratamientos, utilizando diferentes colores para expresar los valores de respuesta y mostrando el área límite para la optimización (Kurniawan et al., 2020).

En la ecuación de regresión para la textura, se observa que las interacciones binarias de los tres componentes tienen signos negativos, lo que indica que la combinación de estos reduce la aceptabilidad. El gráfico de contorno mostrada en la Figura 7A indica que la zona de color amarillo representa la máxima aceptación; en la zona restringida, el mejor tratamiento fue el T7 (3% FP, 12% FH y 15% CP). Para obtener valores mayores en textura se puede disminuir la cantidad de FP y aumentar FH o CP, esto puede deberse a la

presencia de fibra. Aunque los tres componentes contienen fibra, su combinación parece reducir la textura, al respecto Li et al. (2020) mencionan que la fibra dietética mejora la textura y las características sensoriales de los alimentos; estos autores elaboraron galletas con diferentes proporciones de residuos de soya, cuyo contenido de fibra cruda fue del 83%, encontrando que el aumento de la fibra incrementaba la dureza, así mismo la crocancia. Por otro lado, es importante destacar que la cáscara de papaya contiene entre 9,67% y 34,70% de fibra dietética, además entre 9,67% y 38,35% de carbohidratos (Dotto y Abihudi, 2021), que al combinarse con edulcorantes exhiben altas propiedades higroscópicas, lo que puede proporcionar pegajosidad al alimento; concordando con Samakradhamrongthai et al. (2021), quienes indican que elevados niveles de fibra junto con azúcar pueden provocar dureza y pegajosidad en una barra nutricional, haciéndola indeseable.

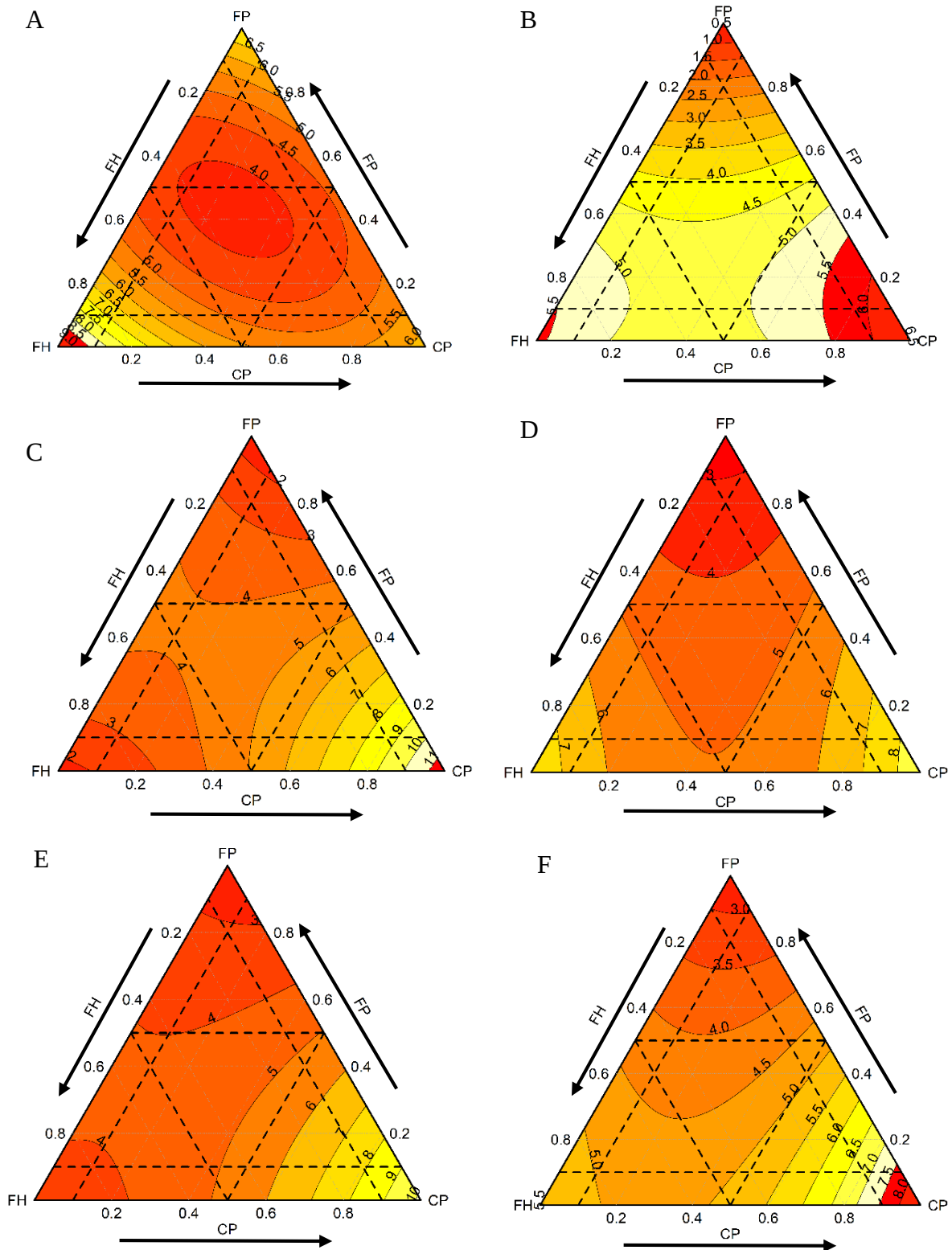
La ecuación del atributo sabor muestra que existen interacciones binarias positivas en las combinaciones de FP.FH y FP.CP, lo que aumenta la aceptabilidad; en contraste, la interacción de FH con CP tiene efecto negativo. En la Figura 7B se presenta el gráfico de contorno para el sabor; en la zona restringida, los mejores fueron T7 (3% FP, 12% FH y 15% CP) y T6 (12% FP, 3% FH y 15% CP); para optimizar el sabor, es necesario considerar niveles inferiores al 9% para FP, 12% para la FH y superiores al 12% para CP. Esto sugiere que diferentes componentes interactúan de maneras diversas, afectando positivamente o negativamente las características sensoriales; coincidiendo con lo reportado por Srebernick et al. (2016), quienes señalan que un aumento en la cantidad de fruta en barras de cereales incrementa el gusto general.

Para el color (Figura 7C), el tratamiento que se encuentra dentro de la zona restringida con puntaje de aceptabilidad mayor a 5, que indica "me gusta muchísimo", corresponde a T7 (3% FP, 12% FH y 15% CP). Esta Figura sugiere que las barras pueden alcanzar puntajes superiores a 5 con porcentajes menores al 12% para FP y FH, aumentando el porcentaje de CP por encima del 12%; asimismo, en la Tabla 4 se presenta la ecuación de regresión del color, donde la interacción entre FP y FH fue positiva, lo que indica que la disminución de esta reduce el color; el mismo resultado fue encontrado por Li et al. (2020), quienes en la aceptabilidad del color de galletas elaboradas con fibra de residuos de soya, prefieren aquellas de color claro, observándose una disminución en esta preferencia cuando el color tiende a ser más oscuro, este cambio debido a la presencia de compuestos fenólicos.

Tabla 4. Mejores modelos matemáticos encontrados mediante la optimización por el diseño de mezclas simplex-centroide con restricciones

Variable respuesta	Ecuación de regresión	R ²	p-valor
Textura	$Y_T = 7,059 (FP) + 9,492 (FH) + 6,240 (CP) - 16,192 (FP)(FH) - 7,976 (FP)(CP) - 9,109 (FH)(CP)$	0,9027	0,0026*
Color	$Y_C = 1,467 (FP) + 1,644 (FH) + 11,651 (CP) + 10,565 (FP)(FH) - 7,610 (FP)(CP) - 6,277 (FH)(CP)$	0,8036	0,0058*
Aroma	$Y_{Ar} = 2,470 (FP) + 7,886 (FH) + 8,769 (CP) - 1,443 (FP)(FH) - 1,340 (FP)(CP) - 13,071 (FH)(CP)$	0,8623	0,0013*
Sabor	$Y_S = 0,363 (FP) + 5,607 (FH) + 6,537 (CP) + 4,815 (FP)(FH) + 4,515 (FP)(CP) - 5,026 (FH)(CP)$	0,9002	0,0013*
Apariencia general	$Y_{Ap} = 2,292 (FP) + 3,581 (FH) + 10,178 (CP) + 4,435 (FP)(FH) - 4,703 (FP)(CP) - 6,459 (FH)(CP)$	0,9546	0,0014*
Aceptación global	$Y_{Ag} = 2,638 (FP) + 5,543 (FH) + 8,580 (CP) + 0,764 (FP)(FH) - 3,103 (FP)(CP) - 7,653 (FH)(CP)$	0,8765	0,0021*

Y_T , Y_C , Y_A , Y_S , Y_{Ap} y Y_{Ag} representan valores de variables respuestas de textura, color, aroma, sabor, apariencia general y aceptación global respectivamente, generadas por la mezcla de FP: flor de plátano deshidratadas, FH: harina de frijol huallaguino y CP: cáscara de papaya deshidratadas; R² es el coeficiente de determinación y * representa significancia.



A: Textura, B: sabor, C: color, D: aroma, E: apariencia general y F: aceptación global

Figura 7. Gráfico de contorno para los atributos sensoriales obtenido a partir del diseño de mezclas simplex-centroide con restricciones.

Con respecto al aroma, la ecuación de regresión muestra que cada componente actúa de manera individual generando una interacción positiva, pero la interacción se vuelve negativa cuando se combinan. En la Figura 7D, el T7 representa el tratamiento más destacado en comparación con los otros; para aumentar la aceptabilidad del aroma, es necesario optimizar los porcentajes de los ingredientes, FP menor al 9%, FH entre 9% al 12% y CP mayor al 12%; aunque el aroma mejora con el incremento de FH y CP, es importante considerar los costos en la optimización; el uso de CP en mayor cantidad permite aprovechar un subproducto con buena aceptabilidad, a diferencia del FH, que tiene un costo más elevado; se recomienda utilizar valores intermedios, a pesar de su aporte nutricional; coincidiendo con el estudio de Presenza et al. (2022), que utilizaron el diseño de mezclas simplex-centroide para optimizar hamburguesas elaboradas con harina de avena y almidón de yuca, buscando la reducción de los costos.

El modelo de regresión para la apariencia general, presentado en la Tabla 4, muestra una interacción binaria positiva entre FP y FH, lo que resulta en mayores valores de aceptabilidad. En la Figura 7E, el T7 se destaca como el tratamiento con mejor aceptabilidad. Para optimizar la apariencia en la elaboración de barras nutricionales, se recomienda utilizar porcentajes máximos de 6% para FP, 9-12% para FH y mayor de 12% para CP; en el estudio de Megala y Hymavathi (2011), sobre barras elaboradas con frutas como papaya y plátano, encontraron que la combinación de frutas, prebióticos junto con azúcar afecta positivamente la aceptación sensorial.

El gráfico de contorno para la aceptación global se muestra en la Figura 7F, donde el T7 presenta el puntaje más alto; para optimizar la aceptación, se sugiere que la FP sea inferior al 10%, la FH se mantenga en 12% y el CP sea superior al 12%. En la ecuación de regresión para la aceptación global se observa que existe una interacción positiva entre FP y FH; el mismo efecto lo reportaron Siche et al. (2016) y Caipo et al. (2015), quienes al optimizar harinas de cereales en productos horneados como panes, barras energéticas, encontraron modelos que les permitieron identificar que las combinaciones binarias redujeron la aceptabilidad, mientras que la interacción terciaria influyó positivamente, al igual que su efecto individual.

4.1.3. Perfil de deseabilidad

El perfil de deseabilidad permite identificar los valores previstos para las variables dependientes en las distintas combinaciones de niveles de las variables independientes. Esta metodología, transforma las respuestas en una escala de deseabilidad

adimensional que varía entre 0,0 (indeseable) y 1,0 (deseable). Simplifica la evaluación de múltiples criterios, permitiendo una comparación directa, facilitando la identificación de soluciones óptimas que abordan diversos objetivos y restricciones.

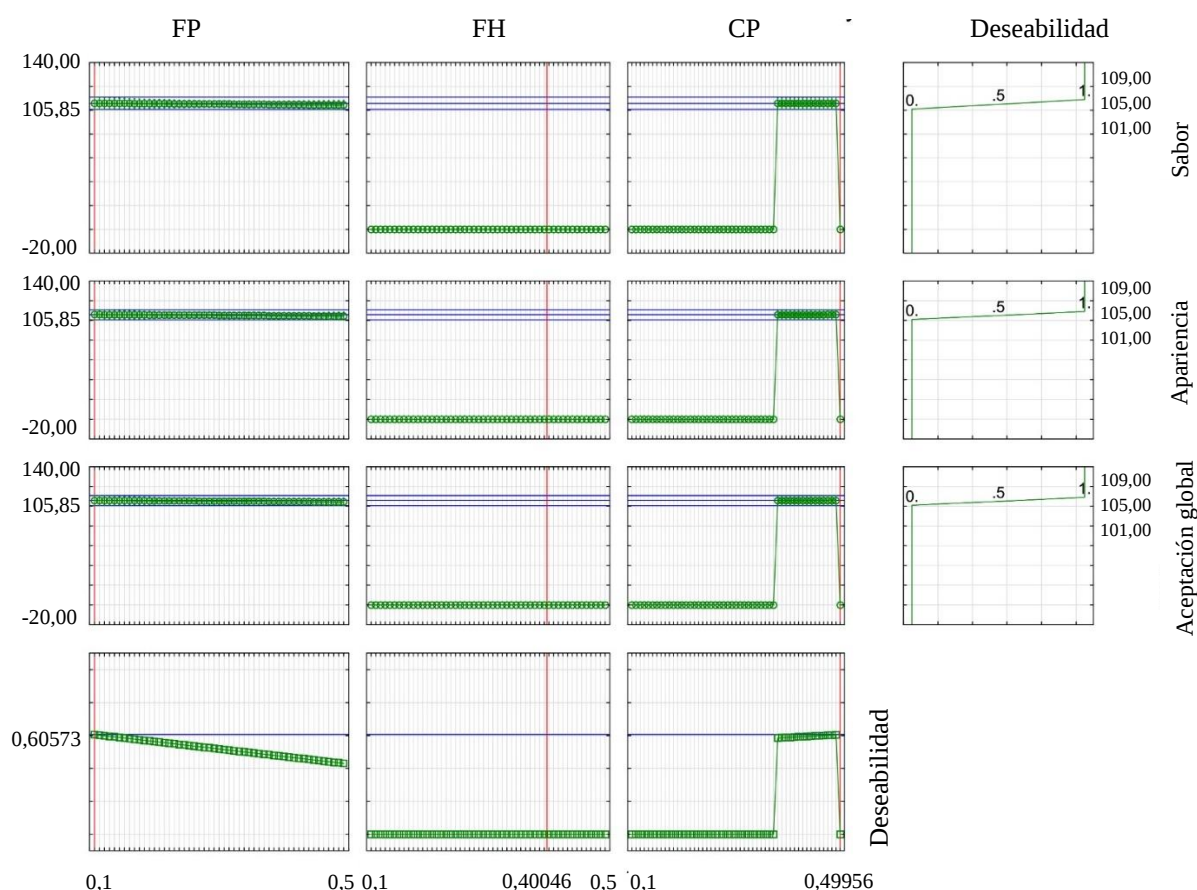


Figura 8. Perfiles de deseabilidad en base a los atributos sabor, apariencia y aceptación global.

En la Figura 8 se muestra el comportamiento de la evaluación sensorial, considerando los atributos de sabor, apariencia general y aceptación global (parte superior), así como la función de deseabilidad (parte inferior) en relación con los cambios en la proporción de los componentes de la mezcla; esta función, en un intervalo de 0 a 1, evalúa la preferencia hacia un valor de respuesta previsto, teniendo en cuenta el valor específico de cada factor y los valores medios de los demás. En el gráfico, se observa una línea horizontal discontinua que indica el valor máximo alcanzado en la evaluación sensorial, que fue de 105,85; una línea horizontal azul que indica una deseabilidad de 0,61 y las líneas verticales rojas marcan las proporciones óptimas de FP, HF y CP necesarios para alcanzar el valor más alto en los atributos, siendo 3% (0.1), 12% (0.4) y 15% (0.5) respectivamente, esta composición coincide con el tratamiento T7; al respecto Cayres et al. (2021), al optimizar la premezcla de harinas de cereales sin gluten para la elaboración de tortas, utilizando el perfil de deseabilidad basado en

características nutricionales, encontraron una deseabilidad de 0,596, en comparación con un valor funcional de 0,94.

4.1.4. Validación de los modelos del diseño de mezclas simplex-centroide

La formulación óptima para la barra nutricional fue 3% FP, 12% FH y 15% CP. La validación se llevó a cabo para todas las variables de respuesta, obteniéndose porcentajes de variación que oscilan entre 2,87% y 18,54% para textura y sabor, respectivamente (Tabla 5), porcentajes que respaldan la validez de los modelos matemáticos propuestos; esta afirmación se ajusta a lo mencionado por Berk (2009), quien indica que los modelos matemáticos son considerados aceptables hasta un porcentaje de variación del 20%, dependiendo de la complejidad del proceso y precisión de datos experimentales; la variación encontrada en el estudio se debió a que los datos sensoriales tienden a presentar mayores variaciones que los instrumentales; en contraste Barbosa-Cánovas et al. (2005) recomiendan una variación porcentual aceptable para la validación de modelos predictivos en ingeniería de alimentos entre el 5% y el 15%.

Tabla 5. Validación de los modelos matemáticos de atributos sensoriales para el tratamiento óptimo.

Respuesta sensorial (Y)	Valor calculado ($\hat{Y}$)	Valor experimental (Y_{exp})	Variación (%)
Textura	4,754	4,618	2,87
Color	5,417	6,390	17,98
Aroma	5,047	5,961	18,12
Sabor	4,961	5,881	18,54
Apariencia general	5,401	6,177	14,37
Aceptación global	5,116	5,260	13,48

El análisis sensorial realizado para la validación de los modelos consideró la formulación óptima (T7) junto con dos tratamientos extremos (T2 y T5) (Anexo-IX). Los resultados experimentales fueron agrupados para obtener la correlación de Pearson (Figura 9), la cual fue de 0,7465, lo que indica una fuerte correlación; coincidiendo con lo mencionado por Teles et al. (2019), quienes consideran que existe una correlación fuerte o alta cuando los

valores que se sitúan en el rango de 0,7 a 0,9. La dispersión observada podría deberse a las diferencias en la percepción sensorial por parte de los panelistas.

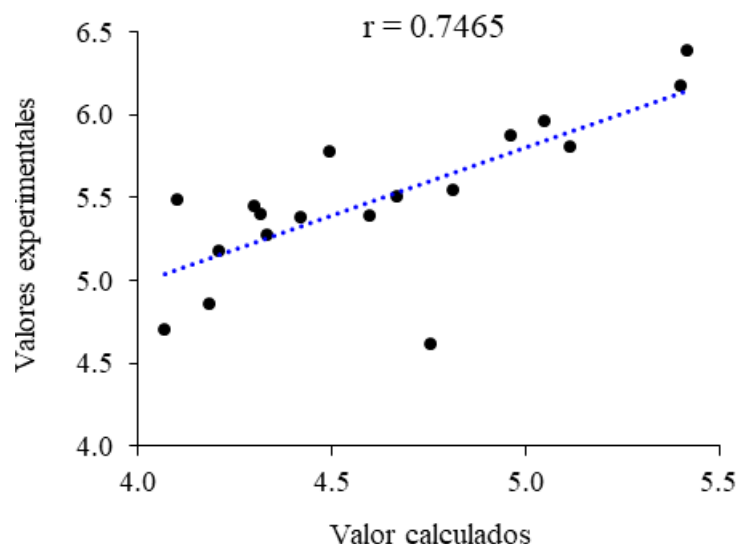


Figura 9. Correlación de Pearson de valores experimentales vs calculados con el modelo predicho de T2, T5 y T7.

4.1.5. Selección de términos para la prueba marque todo lo que corresponda (Check All That Apply) (CATA).

La incorporación de diferentes porcentajes de harina de frijol huallaguino (FH), flor de plátano deshidratada (FP) y cáscara de papaya deshidratada (CP) en las barras nutricionales influyó en los atributos de textura, color, aroma, sabor y apariencia general. Se identificaron un total de 70 descriptores de textura, de los cuales se seleccionaron 7 (Tabla 6), agrupándolos en dos categorías, una que incluye términos como arenoso, granuloso, rugoso, seco, crocante y duro, otra que abarca suave, húmedo y pegajoso. La textura es un atributo que puede ser percibido a través de los sentidos de la vista, tacto y oído; al respecto Duizer y Field (2015) consideran que la textura es la expresión funcional, sensorial de propiedades superficiales, estructurales y mecánicas; estos autores relacionan los términos arenoso-granuloso-rugoso, seco, húmedo con características superficiales; el término crocante con el sonido durante la masticación; a los términos duro, suave, pegajoso con la manipulación tacto y percepción intraoral.

El color es un atributo percibido por la vista, es la primera impresión que tiene el consumidor al aceptar un alimento; según Mohsenzadeh et al. (2017) consideran el

color como una de las características organolépticas indispensables, que influyen en la aceptabilidad como en las decisiones de compra de un producto. Se identificaron 41 descriptores de color, de los cuales se seleccionaron 7 (Tabla 6); estos descriptores varían entre tonos claros, como claro-pálido, crema, amarillo, miel o naranja y tonos oscuros como marrón, chocolate, oscuro; esta variación puede atribuirse al uso de jarabe de caña en la preparación de las barras; como lo indican Pallavi et al. (2013) en su estudio de barras elaboradas con azúcar y sustitutos del azúcar (sorbitol, manitol y nutrios), presentaban colores con tonos ligeramente oscuros, tendiendo a marrones.

Tabla 6. Términos o descriptores por atributos seleccionados para la evaluación de barras nutricionales.

Textura	Color	Aroma	Sabor	Apariencia General
Arenoso-granuloso-rugoso	Amarillo	Caramelo	Amargo	Agradable-homogéneo
Crocante	Chocolate	Cereales	Avena o cereal	Brilloso
Duro	Crema	Cítrico	Dulce o caramelo	Firme-compacto
Húmedo	Marrón	Floral-frutas	Floral o frutas	Partículas groseras
Seco	Miel o naranja	Frutos secos	Frutas secas	Partículas pequeñas
Pegajoso	Claro o pálido	Imperceptible	Frijol o legumbres	Pastoso
Suave	Oscuro	Madera	Maní	Desagradable-Heterogéneo
		Maní	Miel o polen	Liso
		Pan integral	Pasto	
		Rancio	Picante	
			Plátano	
			Quemado	
			Quinoa	
			Salado	
			Terroso	

El atributo aroma fue descrito considerando 60 términos, de los cuales se seleccionaron 10 (Tabla 6); estos se clasificaron en dos categorías: aromas comunes de barras (cereales, caramelo, frutos secos, maní, rancio) y aquellos que emergen con la incorporación de

nuevos ingredientes (floral-frutas, cítricos, madera, pan integral). El cambio en el aroma podría atribuirse a los ingredientes añadidos, lo cual concuerda con la investigación de Ribeiro et al. (2022), que identificaron descriptores para el aroma, como cereales, caramelo, frutos secos, maní, rancio, nueces, aceite para freír, banana, mohoso y desagradable, en barras elaboradas con harina de insectos. De forma similar, Fanari et al. (2023) encontraron aromas de cereales, jarabe de glucosa, aminos y hierba seca en barras elaboradas con microalgas, lo que sugiere que la diversidad de ingredientes influye significativamente en la percepción sensorial del producto.

El sabor es un atributo percibido por la lengua, responsable de detectar los cinco sabores básicos: dulce, ácido, salado, amargo y umami. Se identificaron 71 descriptores, de los cuales se seleccionaron 15 (Tabla 6); estos incluyen los sabores básicos, como amargo, salado y dulce (o caramelo), así como otros que emergen de la adición de ingredientes en la barra nutricional, como avena, cereal, floral, frutas, frutos secos, maní, miel, polen, pasto, plátano, quinua, quemado y terroso. Estos hallazgos coinciden con la investigación de Akkad et al. (2023), que, al estudiar una galleta elaborada con harina de frijol común, identificaron sabores a frijol o legumbres, terroso y quemado. De manera similar, Haddad et al. (2023) encontraron en barras de cereal con ácidos grasos mono y poliinsaturados descriptores como avena, cereal, miel y polen, lo que resalta la influencia de los ingredientes en la complejidad del perfil de sabor.

La apariencia general se refiere a la evaluación total de un producto, considerando todos sus atributos. Se identificaron 43 descriptores, de los cuales se seleccionaron 8 (Tabla 6); estos se clasificaron en positivos para la barra (agradable, homogéneo, firme, compacto, brillante, partículas pequeñas, liso) y negativos (desagradable, heterogéneo, partículas gruesas, pastoso). Según Meilgaard (2016), la apariencia de un alimento puede clasificarse en cuatro aspectos: forma (como los términos firme y compacto), tamaño (partículas gruesas o pequeñas), textura de la superficie (lisa y brillante) y color. Esta clasificación permite una comprensión más precisa de cómo la apariencia impacta la percepción del producto.

4.1.6. Análisis de correlación, análisis de correspondencia y mapa de calor mediante la prueba marque todo lo que corresponda (Check All That Apply) (CATA).

- Análisis de correlación

El correlograma se fundamenta en la correlación entre dos variables; Schober y Schwarte (2018) destacan que la correlación es una medida de la relación monótona

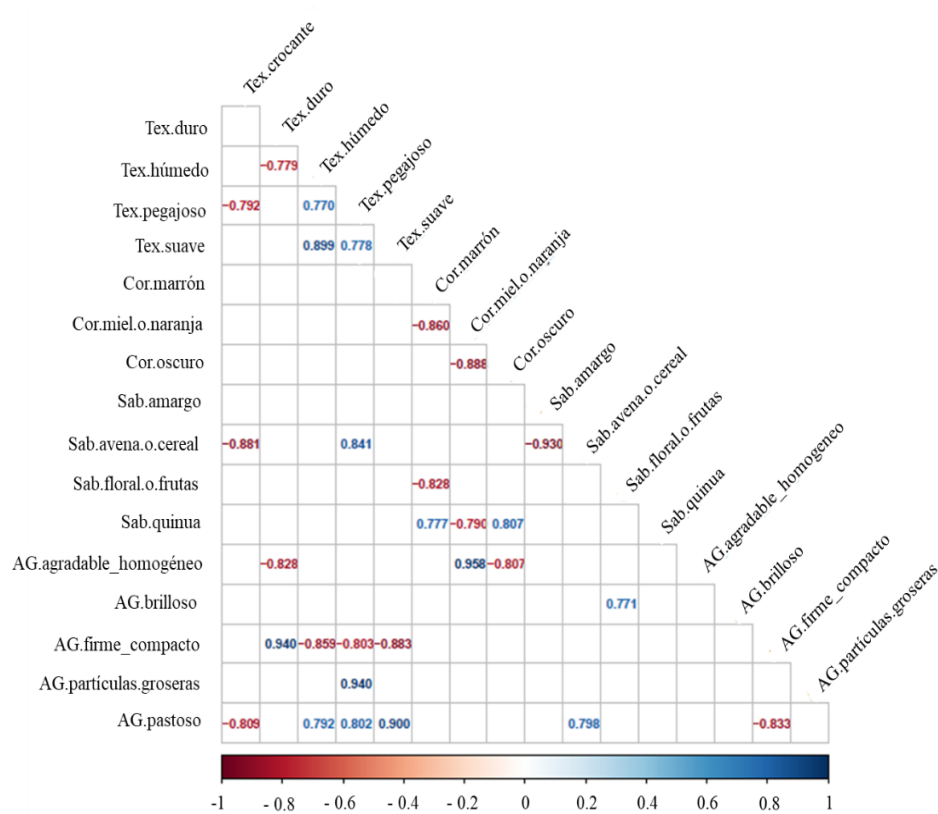
entre estas variables. Esta relación puede ser positiva, cuando el aumento en el valor de una variable también provoca un aumento en la otra, o negativa, cuando el aumento en el valor de una variable resulta en la disminución de la otra; se utiliza la correlación producto-momento de Pearson, denotado como "r", que es un valor adimensional que varía entre -1 y +1, reflejando la covarianza entre las dos variables.

Considerando el testigo (Anexo-X), se observó una correlación positiva muy fuerte de 0,94 entre la apariencia agradable-homogénea y el color miel o naranja, resultado que se mantuvo similar en el análisis sin testigo. Además, se identificó una correlación fuerte de 0,89 entre la textura suave y textura húmeda; la fibra contribuye al aumento de la dureza en las barras; así, al disminuir el contenido de fibra (FH y FP), se reduce la fuerza de ruptura, lo que incrementa la percepción de textura suave y húmeda; este hallazgo es comparable al estudio de Bchir et al. (2018), que en barras de cereales encontró que un aumento en la incorporación de subproductos de pera, manzana y dátil (con un contenido de fibra del 9-10%) resultó en un incremento de la dureza. Asimismo, se presentó una correlación de 0,87 entre color oscuro y color marrón; en la barra testigo, la ausencia de HF y FP provocó una disminución del color oscuro, por ende, una reducción del color marrón; este aspecto es respaldado por Sharan et al. (2021), quienes indican que las legumbres como ingredientes afectan el color de los alimentos debido a su contenido de taninos, lo que sugiere que la oxidación de proantocianidinas puede llevar al desarrollo de una coloración oscura. Por último, la correlación entre la apariencia brillante y sabor a avena o cereal fue de 0,87; el aumento en la apariencia brillante puede atribuirse al mayor contenido de avena, lo que a su vez incrementa el sabor a avena o cereal; este hallazgo se alinea con la investigación de Souiy et al. (2022), quienes observaron que en barras de cereales elaboradas con avena, copo de arroz y copo de maíz, aquellas que contenían aceite de neroli y estaban aglutinadas con edulcorantes (como sorbitol o maltitol) presentaron mayor brillo, mientras que las que incluían edulcorantes con espirulina resultaron ser opacas.

La apariencia agradable-homogénea mostró una correlación de -0,92 con el color oscuro, y de -0,90 con el color marrón; esto indica que, en ausencia de ingredientes (FH) que afecten el color, la apariencia agradable-homogénea se incrementa, mientras que disminuyen tanto el color oscuro como el marrón; de Souza et al. (2014) mencionan que en granolas elaboradas con cereales como amaranto, quinua, copos de arroz y copos de maíz, se observó un aumento en la apariencia agradable, especialmente al incrementarse los tonos marrones claros. La apariencia pastosa se correlacionó con la textura crocante, -0,89; este hallazgo sugiere que la apariencia pastosa disminuye con el aumento de las harinas; concordando con Tańska et al. (2016), que en su estudio sobre galletas elaboradas con harina

de orujo de frutas (como rosa mosqueta, serba, grosella negra), encontraron un incremento en la fuerza de rotura, lo que a su vez aumentó la dureza y crocancia. Por último, se observó una correlación de -0,88 entre la apariencia brillante y el color marrón; el brillo de las barras nutricionales puede atribuirse a la mezcla de avena con edulcorantes, lo que da lugar a tonos claros, disminuyendo el color marrón ocasionado por la adición de FP y FH; un efecto similar se observó en el estudio de Lauková et al. (2011), donde, al sustituir entre el 5% y el 15% de los ingredientes de las galletas por fibra de manzana en polvo, se produjo un incremento en el color oscuro.

En la Figura 10 se presenta un correlograma que ilustra la relación entre los descriptores de atributos sensoriales de las barras nutricionales, excluyendo al testigo. Se observa una correlación positiva muy fuerte de 0,96 entre la apariencia agradable-homogénea y el color miel o naranja; según Aigster et al. (2011), los consumidores consideran más atractivas las barras de cereales que presentan un color más claro, como el miel o naranja, especialmente cuando se suplementan con almidón de maíz. La correlación entre la apariencia general firme-compacto y dureza fue 0,94, posiblemente debido a la adición de harina de frijol; en este contexto, Marques et al. (2015) indican que la adición de harinas a una barra de cereal incrementa su firmeza y compactación, lo que a su vez aumenta su resistencia al corte, así como la dureza debido a una menor granulometría. La apariencia a partículas groseras vs textura pegajoso mostró una correlación de 0,94; este fenómeno puede atribuirse a la combinación de frutas con azúcar, lo que provoca un aumento en la dureza y una variabilidad en el tamaño de las partículas, haciendo que sean más groseras; esto a su vez incrementa la pegajosidad, posiblemente debido a la migración de humedad entre los carbohidratos (Srebernich et al., 2016). Por último, la apariencia pastosa mostró una correlación de 0,90 con la textura suave; esto se debe a que el aumento de la cáscara de papaya (CP) en las barras incrementa la apariencia pastosa, lo que a su vez mejora la percepción de una textura suave; Un hallazgo similar fue reportado por Vinhal et al. (2022), quienes, en su estudio sobre barras de cereales con fruta deshidratada “murici”, encontraron que un mayor contenido de fruta reduce la dureza, aumentando así la textura suave.



Tex, Cor, Sab y AG son atributos de textura, color, sabor y apariencia general respectivamente.

Figura 10. Correlograma para los descriptores de cada atributo de las barras nutricionales sin el testigo.

Según los resultados (Figura 10), se encontró una correlación negativa muy fuerte de -0,93 entre el sabor avena o cereal vs sabor amargo; a medida que se disminuyó la proporción de avena (sabor avena o cereal) se incrementó la FP, lo que provocó un aumento en el sabor amargo de las barras; en este sentido, Carvalho y Conti-Silva (2017) indican que la reducción de cereales y el aumento de la harina de cáscara de plátano contribuyen al desarrollo de este sabor amargo en las barras. Existió una correlación fuerte de -0,89 entre el color oscuro vs color miel o naranja; cuando la proporción de FP y FH superó el 12%, las barras adquirieron un color oscuro, mientras la adición de CP aclaró el color a miel o naranja; en este contexto Maia et al. (2020) y Tasmin et al. (2021) señalan que un aumento en la FH y FP en productos horneados provoca una mayor oscuridad del color, disminuyendo así el tono amarillo. Asimismo se encontró correlación negativa -0,88 entre apariencia firme-compacto vs textura suave, esto puede atribuirse a la adición de FH; un efecto similar fue observado por Silva et al. (2009), quienes indicaron que el incremento de harina de residuos de maracuyá aumenta las fuerzas de corte y la rotura, lo que contribuye a una apariencia más compacta al reducir los espacios vacíos, disminuyendo así la percepción de una textura suave. El sabor avena o cereal

vs textura crocante presentó una correlación negativa fuerte de -0,88; esto debido al que el incremento de harinas (FH) resultó en una disminución del sabor a avena; de manera similar, Ramírez-Jiménez et al. (2018) encontraron que las diferencias en el tamaño de partículas de los ingredientes secos aumentan la dureza, lo que a su vez incrementa la crocancia.

- **Análisis de correspondencia**

El análisis de correspondencia (AC) es una técnica multivariada que extrae información significativa de datos estadísticos, representándola en un nuevo conjunto de variables ortogonales, denominadas dimensiones, que permiten visualizar observaciones y patrones de similitud entre variables en un diagrama de dispersión (Abdi y Williams, 2010). En el presente estudio, se evaluaron siete tratamientos aplicados a un testigo, revelando variabilidad en los atributos sensoriales de textura, aroma, color, sabor y apariencia general. La primera dimensión (Dim1) mostró una variabilidad del 46%, destacando los tratamientos T6, T8c, T2, T4 y T5; en este contexto, la textura "duro" presentó una alta contribución (>10), mientras que los descriptores de textura "suave", "pegajoso", "húmedo", el color "marrón" y el sabor "amargo", tuvieron una contribución ligera (entre 5 y 10), por otro lado, la apariencia general "pastoso", las "partículas groseras", colores "oscuro" y "chocolate", junto con los sabores "terroso", "floral o frutas", "quinua", mostraron una contribución baja (<5). El análisis de penalización (Figura 12) indicó que todos los descriptores mencionados fueron negativos para la barra, excepto el tratamiento T8c (con sabor floral o frutas) y T6 (con textura suave), que resultaron positivos; se sugiere que la presencia de descriptores negativos en los tratamientos puede estar relacionada con el alto contenido de fibra del CP (10%, 12% y 15%); en comparación Bordim et al. (2018) hallaron que la aceptabilidad de atributos sensoriales en barras elaboradas con albedo de maracuyá y orujo de carambola disminuyó con incrementos en el contenido de harina de albedo de maracuyá (superior al 9%).

La segunda dimensión (Dim2) presenta una variabilidad del 30%, abarcando los tratamientos T1, T7, T8c y T6, destacan los descriptores de apariencia "brillante", "agradable-homogéneo", textura "suave", "pegajoso", "húmedo", así como "partículas groseras", "pastoso", sabores como "terroso", "floral o frutas", "avena o cereal", además del color "miel o naranja" y el aroma "a cereales". Según el análisis de penalización, el tratamiento T1 tuvo un solo descriptor positivo; el T7 presentó cuatro positivos; el T8c tuvo un positivo, tres negativos; el T6 mostró un positivo, dos negativos. La calificación otorgada por los consumidores permitió penalizar los descriptores que contribuyen de forma positiva o negativa a la barra nutricional, en este sentido, Orrego et al. (2014) encontraron que, al comparar la preferencia de las barras, los consumidores tailandeses preferían aquellas elaboradas con pulpa

de frutas, sin cereales, valorando un mayor sabor a frutas y menor dureza; asimismo, en su estudio con consumidores escoceses, se evidenció que la preferencia se vio influenciada por el sabor, seguido de la textura y la apariencia; de manera similar, los consumidores chinos mostraron una preferencia por una mayor brillantez de la superficie, sabor dulce, sabor ácido y aroma a frutas en las barras con frutas sin cereales.

En conjunto, las dos dimensiones analizadas explican una variabilidad total del 76%; el gráfico del análisis de penalización muestra diez descriptores positivos y once negativos, de los cuales el T1 presentó los diez descriptores positivos, mientras que el T6 (con un 12% FP, 3% FH y 15% CP) y el T8c solo mostraron un atributo positivo; esta diferencia sugiere que la ausencia de FP, FH, CP en el T1 contribuyó a su mayor aceptabilidad. Esto respalda la idea de que los ingredientes adicionados a una barra nutricional tienen un impacto significativo en su aceptabilidad; como se evidenció en el estudio Mridula et al. (2013), donde la incorporación de harina de linaza a una barra de cereal influyó notablemente en la aceptabilidad de los atributos sensoriales.

En la Figura 11 se muestra el gráfico del análisis de correspondencia de los siete tratamientos, excluyendo el testigo. En la primera dimensión (Dim1), se destacan los tratamientos T4, T8c, T2, T6 y T7, donde los descriptores de "textura suave", "textura pegajosa" tienen una contribución superior a 10, mientras que "textura húmedo", "color miel o naranja", "apariencia agradable-homogéneo" presentan una contribución de entre 5 y 10. Por otro lado, los descriptores "sabor terroso", "sabor avena o cereal", "sabor floral o frutas", "aroma a cereales", "apariencia general pastoso", "apariencia de partículas groseras" y "apariencia brillante" tienen una contribución menor a 5. En conjunto, estos atributos representan el 49% de la variabilidad total de los datos. En la Figura 12, correspondiente al análisis de penalización, el T2 presentó dos descriptores positivos ("aroma a cereales", "sabor avena o cereal"), mientras que el T6 mostró un descriptor positivo ("textura suave") acompañado de dos negativos ("textura húmedo", "pegajoso"), el T7, por su parte, presentó cuatro positivos ("color miel o naranja", "apariencia agradable-homogéneo", "sabor floral o frutas", "apariencia brillante"); los tres tratamientos contaron con un buen contenido de CP (12% y 15%), aunque el T7 tuvo porcentajes de FP (3%) y FH (12%). El alto contenido de CP, al combinarse con edulcorantes, mejora el color, sabor y apariencia de las barras, aunque puede ocasionar una pérdida de textura; confirmado por el estudio de Vatthanakul et al. (2010), quienes indicaron que las barras elaboradas con concentrado de kiwi enfrentaron problemas en el sabor y textura, sugiriendo que la mejora de estos atributos se logra al añadir proporciones óptimas de azúcar con fruta para el sabor y pectina para controlar la textura.

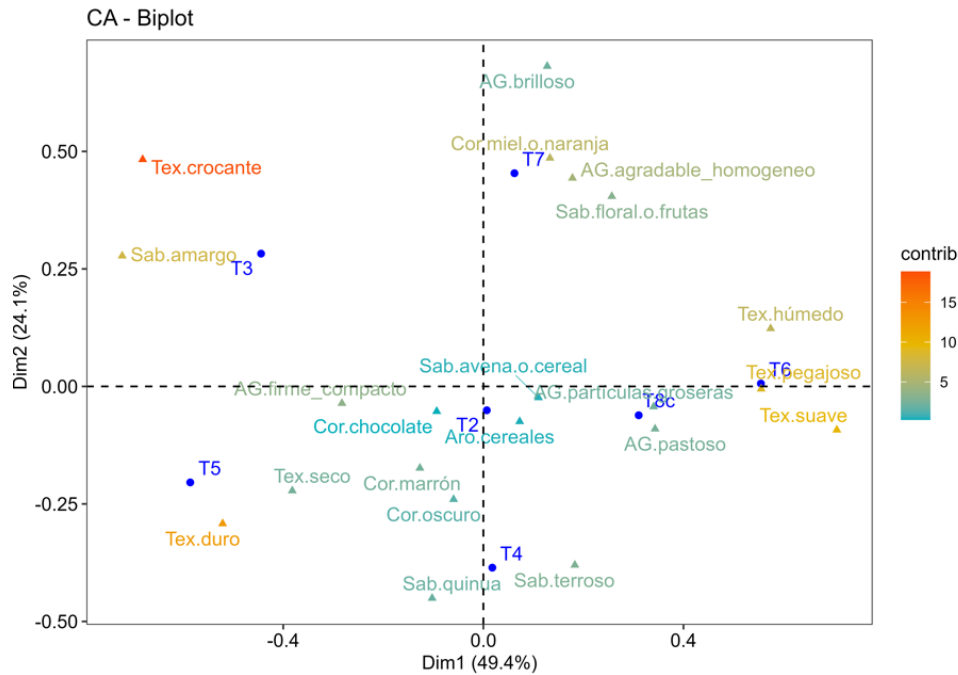


Figura 11. Análisis de correspondencia en función de los descriptores de los atributos sensoriales analizados para barras nutricionales sin considerar al testigo.

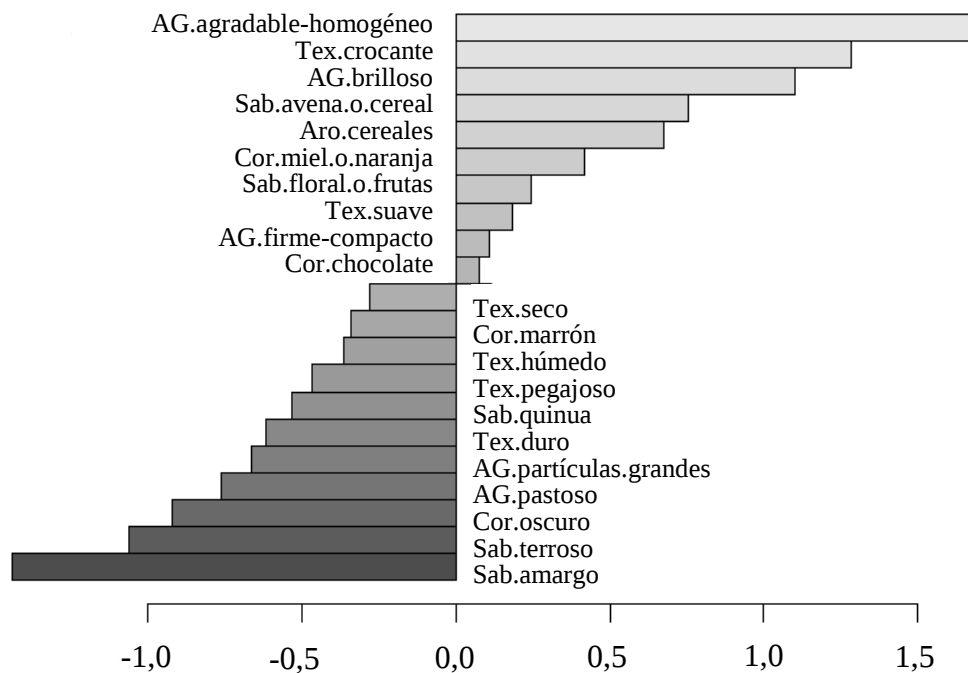


Figura 12. Análisis de penalización (penalty-lift) de los descriptores CATA.

En la segunda dimensión (Dim2), que representa el 24% de la variabilidad total, se destacan los tratamientos T3, T6 y T7. En el primero predominan la "textura crocante", "sabor amargo"; en el segundo, resalta la "apariencia brillante", "color miel o naranja",

"apariencia agradable-homogéneo", "sabor floral o frutas"; mientras que en el tercero destacan las texturas "pegajosa", "húmeda", "suave". El T3 presentó un atributo positivo con uno negativo de alta contribución (>10), el T7 tuvo cuatro atributos positivos de baja contribución (<5), el T6 mostró un positivo con dos negativos de ligera contribución (5-10). Aunque T3, T7 y T6 contienen un alto porcentaje de CP, el T3 y T7 tienen menores porcentajes de FP (3%) y mayores de FH (15% y 12%). Esto sugiere que la combinación de CP se combina mejor con la FH que con la FP; según Yadav y Singh (2014) la adición de frutas mixtas a una barra, en combinación con otros ingredientes, influye en la aceptación del consumidor.

Considerando las dimensiones Dim1 y Dim2, se obtiene una variabilidad total del 74%, ligeramente inferior a la observada con el testigo, lo que indica que el 26% de la variabilidad corresponde a otras dimensiones. Dentro de este 74%, se encuentran el T7 y T6; el primero se caracteriza por descriptores positivos como "color miel o naranja", "apariencia agradable-homogéneo", "sabor floral o frutas", "apariencia brillante", mientras que el segundo se asocia con "textura suave" (positivo), "textura húmedo" y "pegajoso" (negativos). El T6, con un bajo porcentaje de FH (3%), alto de CP (15%) resultó en una mayor humedad en la barra, lo que condujo a la aparición de atributos negativos como "textura húmedo", "pegajoso"; Kowalska et al. (2021) en su investigación sobre barras de cereales con col rizada y orujo de frutas, encontraron que la disminución de la dureza, así como el trabajo de compresión se debió a la alta humedad (35% y 41%) en las barras que contenían col rizada mezclada con un 20% de orujo de hibisco, con un 30% de manzana.

- **Mapa de calor (heat map) con análisis de conglomerados jerárquico de componentes principales.**

La agrupación jerárquica de componentes principales se utiliza generalmente para identificar grupos de muestras con características sensoriales similares, basándose en el dendrograma que representa las muestras en las dimensiones principales (Maugeri et al., 2023).

Según el análisis de conglomerados jerárquicos, que considera los siete tratamientos junto con el testigo (Anexo-XII), se identificaron cinco grupos. El primer grupo, que constituye el 25% (T2 y T7), se caracteriza por un descriptor negativo predominante ("textura seca") con dos descriptores positivos ("color miel o naranja" y "sabor floral o frutas"). El segundo grupo representa el 12,5% (T4), destacando con cuatro descriptores negativos ("sabor terroso", "sabor quinua", "color oscuro", "color marrón"). El tercer grupo, que también representa el 25% (T6 y T8c), incluye un descriptor positivo ("textura suave"), cuatro negativos

("textura pegajosa", "color chocolate", "apariencia partículas groseras" y "apariencia pastoso"). El cuarto grupo, compuesto por el 25% (T3 y T5), se caracteriza por un solo descriptor positivo ("textura firme-compacto") con dos negativos ("textura dura" y "sabor amargo"). Finalmente, el quinto grupo representa el 12,5% (T0), destacando cinco descriptores positivos ("apariencia brillante", "apariencia agradable-homogéneo", "aroma a cereales", "sabor avena o cereal", "textura crocante"). En total 87,5% de los tratamientos presentaron más descriptores negativos en comparación con el T1 (testigo), el cual no incluyó ingredientes no convencionales, mostró la mayor cantidad de descriptores positivos; en relación con esto, Principal et al. (2022) compararon una barra comercial con una elaborada a partir de la sustitución del edulcorante por eritritol, encontrando una alta aceptabilidad en ambas barras (> 6), sin embargo, la barra comercial presentó mejor apariencia, color oscuro, aroma, sabor dulce, dureza, crujiente, adhesividad y sabor amargo, mientras que mostró menor sabor avena y masticabilidad.

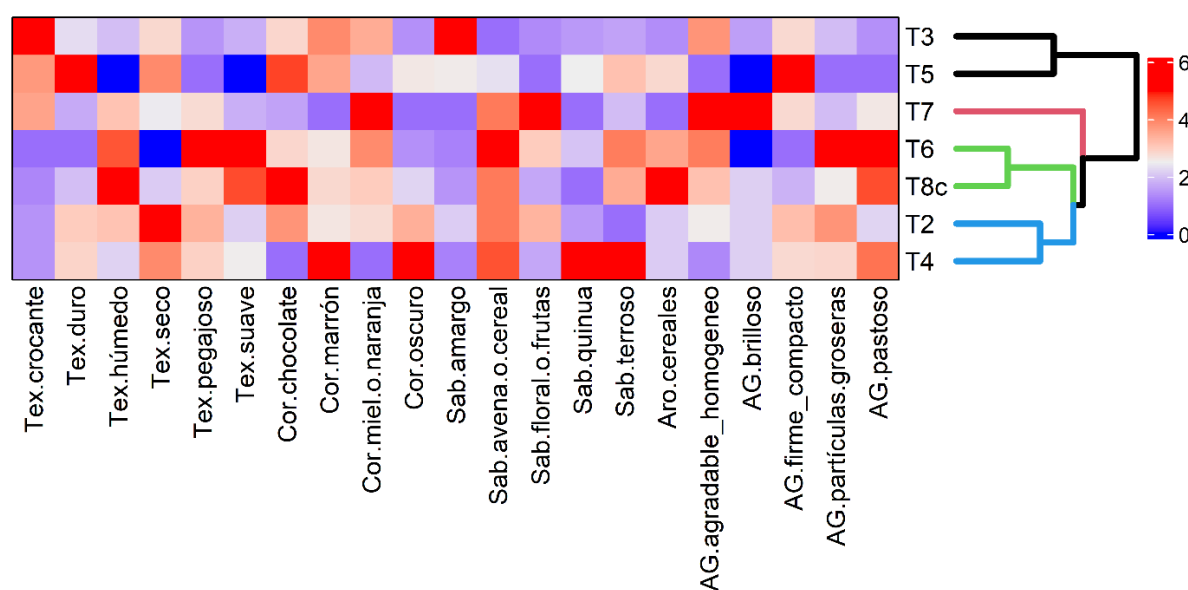


Figura 13. Gráfico de conglomerado jerárquico de componentes principales de las barras nutricionales.

En la Figura 13 se observa el análisis de conglomerados jerárquicos de los siete tratamientos sin considerar al testigo, mostrando cuatro grupos. El primer grupo, formado por T2 y T4, se caracteriza por el predominio del "sabor a avena o cereal" como descriptor positivo de mayor fuerza, así como por descriptores negativos como "textura seca", "color marrón", "color oscuro", "sabor quinua" y "sabor pastoso"; algunos ingredientes pueden

contener pigmentos que, en interacción con otros compuestos, generan colores oscuros que afectan negativamente los atributos sensoriales; según Bassinello et al. (2011) en galletas elaboradas con harina de arroz integral más frijol negro, se observó un tono oscuro, que redujo la apariencia. El segundo grupo, conformado por T6 y T8c, destaca por atributos positivos como "aroma a cereales", "sabor a avena o cereal" y "textura suave", junto a descriptores negativos como "apariencia pastoso", "apariencia de partículas groseras", "color chocolate", "textura pegajosa" y "textura húmeda"; Freitas y Moretti (2006) encontraron que un mayor contenido de fruta en barras de cereales elaboradas con plátano deshidratado disminuyó la aceptabilidad de la textura de las barras. El T7 constituye el tercer grupo, destacándose por "apariencia brillante", "apariencia agradable-homogéneo", "sabor floral o frutas" y "color miel o naranja" como descriptores positivos, esto sugiere que la combinación de FH (12%) con CP (15%) resultó ser la más favorable; al respecto Yahagi et al. (2024) señalaron que la adición de nuevos ingredientes, como frutas, mejora tanto los atributos sensoriales como las propiedades nutricionales y funcionales de las barras de cereal. El cuarto grupo, conformado por T3 y T5, se caracteriza por "apariencia firme-compacto", "textura crocante" como descriptores positivos, y "sabor amargo" como descriptor negativo; de Carvalho (2011) indicó que las barras elaboradas con altos porcentajes de cáscara de piña en polvo con almendras de chichá (5% y 6%) mejoraron la apariencia, sabor y textura, aunque disminuyeron el color de las barras. Según Meyners (2016), los descriptores positivos sugieren una asociación favorable entre el atributo y la respuesta hedónica del consumidor, mientras que los descriptores negativos indican una reducción en la aceptación del producto. Sommo et al. (2024) realizaron una evaluación CATA para barras de cereales con diferentes porcentajes de nueces de licuri, identificando que descriptores como "apariencia brillante", "aroma dulce" y "sabor intenso a coco" influyeron positivamente en la aceptabilidad, mientras que atributos como "apariencia seca", "sabor residual amargo" tuvieron un efecto negativo.

4.1.7. Evaluación de la intención de compra

Los panelistas actúan como un instrumento de medición, ya que sus percepciones humanas se utilizan para cuantificar las medidas sensoriales de los productos (Sipos et al., 2021). El análisis de conglomerados jerárquico realizado para los panelistas, como se observa en la Figura 14, reveló tres agrupaciones: el primer grupo está formado por 20 panelistas (color azul), el segundo por 18 panelistas (color negro) y el tercero por 24 panelistas (color rosado); de estos, el tercer grupo mostró los mayores valores de aceptabilidad, seguido por el primer grupo, finalmente, el segundo.

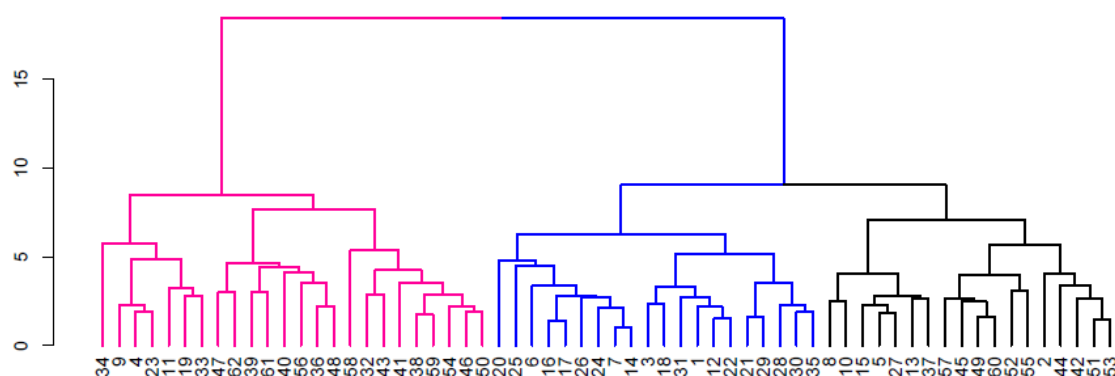
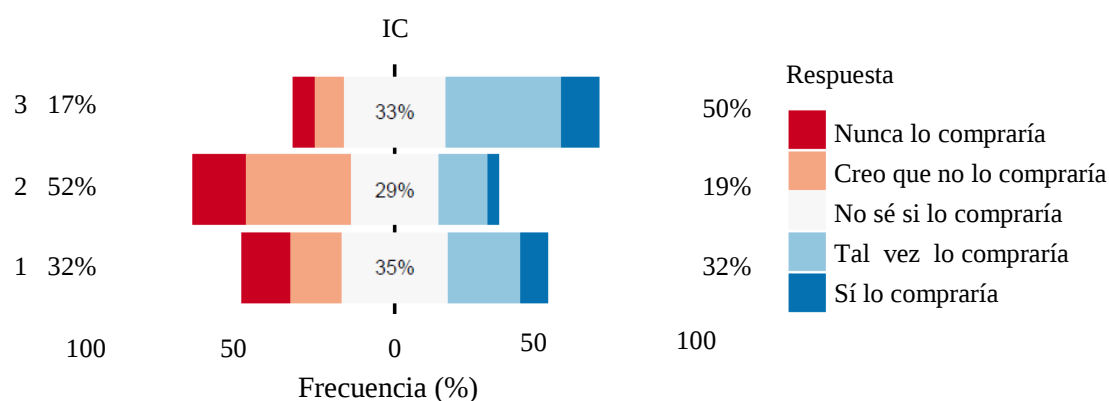


Figura 14. Gráfico de conglomerados jerárquico para los panelistas en la intención de compra

La intención de compra está influenciada por la aceptabilidad que los panelistas tienen hacia un determinado producto, lo cual es confirmado por Castro et al. (2018), quienes señalan que la elección del cliente, así como sus intenciones de compra, se ven afectadas por factores como la ubicación del producto en el estante, su apariencia, marcas disponibles y atributos sensoriales del mismo. En la Tabla 7 y la Figura 15 se presenta la frecuencia de los panelistas en relación con su intención de compra de las barras nutricionales; de los 62 panelistas encuestados, el 32% eligió puntajes de 1 ("nunca lo compraría") o 2 ("creo que no lo compraría"), mientras que el 32,6% optó por un 3 ("no sé si lo compraría") y el 35,4% eligió puntajes de 4 ("tal vez lo compraría") o 5 ("sí lo compraría"). La intención de compra mejoró al considerar los tres grupos de panelistas, donde el grupo 3 presentó un 50% de respuestas en "tal vez lo compraría" o "sí lo compraría", seguido por el primer grupo con un 32% y el segundo grupo con un 19%; este aumento en la intención de compra en el grupo tres podría deberse a que los panelistas en este grupo estaban más familiarizados con el consumo de este tipo de barras. Al respecto Kosicka-Gebska et al. (2022) realizaron una entrevista virtual con 1,034 encuestados que consumían este tipo de productos, los clasificaron en cinco grupos: frugal (24,4%), visual (16%), buscadores de información (20,1%), orientados a la salud (22,2%) e involucrados (16,2%); los consumidores orientados a la salud e involucrados eran los que más consumían barras de frutas con cereales, motivados por el deseo de consumir productos nutritivos para cuidar su salud; en contraste, los consumidores frugales, visuales mostraron una menor frecuencia de consumo, mientras que los buscadores de información consumían barras nutritivas principalmente para reducir el estrés y mejorar su estado de ánimo.

Tabla 7. Porcentaje de la intención de compra según los grupos de panelistas

Intención de compra (IC)	Grupo 1 (N=200)	Grupo 2 (N=180)	Grupo 3 (N=240)	Total (N=620)
Nunca lo compraría	31 (15,5%)	31 (17,2%)	17 (7,1%)	79 (12,7%)
Creo que no lo compraría	34 (17,0%)	62 (34,4%)	23 (9,6%)	119 (19,2%)
No sé si lo compraría	70 (35,0%)	52 (28,9%)	80 (33,3%)	202 (32,6%)
Tal vez lo compraría	47 (23,5%)	29 (16,1%)	91 (37,9%)	167 (26,9%)
Si lo compraría	18 (9,0%)	6 (3,3%)	29 (12,1%)	53 (8,5%)

**Figura 15.** Gráfico de frecuencias de la intención de compra por grupos.

La frecuencia de la intención de compra por tratamiento, obtenida de los 62 panelistas, se presenta en la Tabla 8 y la Figura 16. El tratamiento T1 mostró la mayor intención de compra, con un 77% de los panelistas indicando "tal vez lo compraría" o "sí lo compraría", mientras que solo un 8% expresó "nunca lo compraría" o "creo que no lo compraría". El T7 ocupó el segundo lugar, con un 39% en las categorías de "tal vez lo compraría" o "sí lo compraría", y un 24% en "nunca lo compraría" o "creo que no lo compraría". En contraste, el T4 tuvo la menor intención de compra, con solo un 16% de los panelistas en "tal vez lo compraría" o "sí lo compraría", y un 40% indicando "nunca lo compraría" o "creo que no lo compraría". Ferreira et al. (2015) evaluaron la intención de compra de dos barras de cereales elaboradas con harina de orujo de frutas y vegetales (como menta, rúcula, lechuga, espinaca, taro, pepino, calabacín, zanahoria, naranja, maracuyá, sandía), una salada y otra dulce; en la barra salada, un 73% de los consumidores indicó que "seguramente compraría" o

"probablemente compraría", mientras que en la barra dulce, el mismo nivel de intención de compra solo alcanzó un 60%.

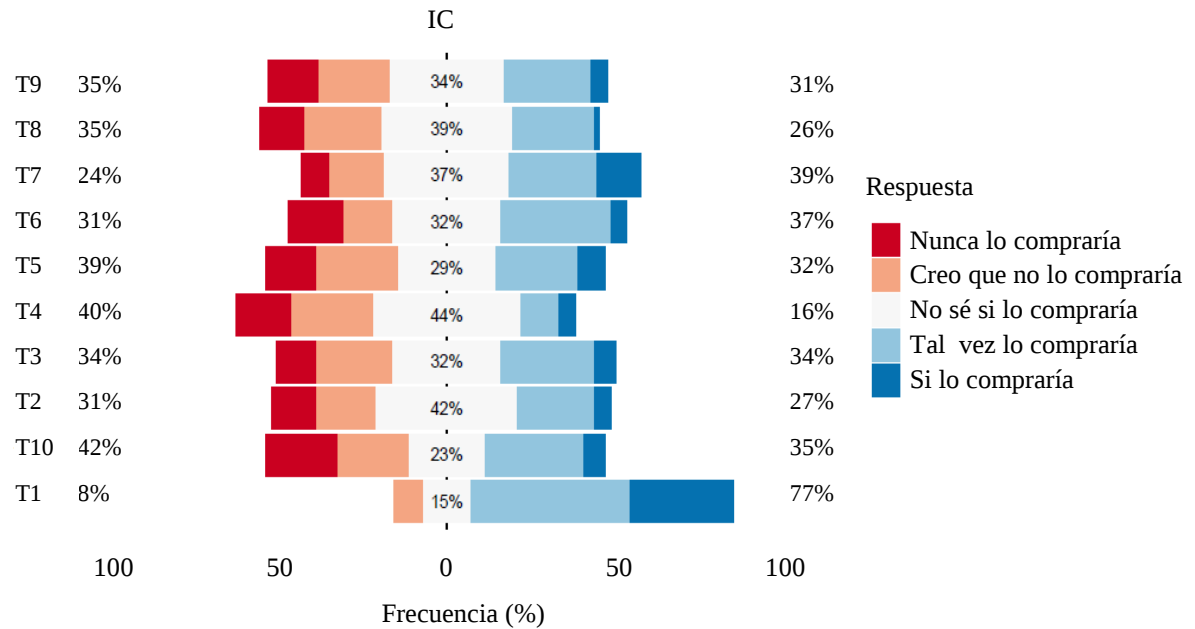


Figura 16. Gráfico de frecuencias de la intención de compra por tratamiento

Tabla 8. Tabla de frecuencias de la intención de compra de todos los panelistas por tratamientos.

Intención de compra (IC)	T1	T10	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9
	(N=62)	(N=62)	(N=62)	(N=62)	(N=62)	(N=62)	(N=62)	(N=62)	(N=62)	(N=62)
Nunca lo compraría	0 (0%)	13 (21,0%)	8 (12,9%)	7 (11,3%)	10 (16,1%)	9 (14,5%)	10 (16,1%)	5 (8,1%)	8 (12,9%)	9 (14,5%)
Creo que no lo compraría	5 (8,1%)	13 (21,0%)	11 (17,7%)	14 (22,6%)	15 (24,2%)	15 (24,2%)	9 (14,5%)	10 (16,1%)	14 (22,6%)	13 (21,0%)
No sé si lo compraría	9 (14,5%)	14 (22,6%)	26 (41,9%)	20 (32,3%)	27 (43,5%)	18 (29,0%)	20 (32,3%)	23 (37,1%)	24 (38,7%)	21 (33,9%)
Tal vez lo compraría	29 (46,8%)	18 (29,0%)	14 (22,6%)	17 (27,4%)	7 (11,3%)	15 (24,2%)	20 (32,3%)	16 (25,8%)	15 (24,2%)	16 (25,8%)
Si lo compraría	19 (30,6%)	4 (6,5%)	3 (4,8%)	4 (6,5%)	3 (4,8%)	5 (8,1%)	3 (4,8%)	8 (12,9%)	1 (1,6%)	3 (4,8%)

4.1.8. Obtención de datos sociodemográficos

Los datos sociodemográficos en la evaluación sensorial proporcionan información clave sobre la aceptabilidad y la intención de compra de un determinado alimento, explican las variaciones en el consumo de productos en diferentes contextos. En la Tabla 9 se presentan los datos sociodemográficos de los 62 panelistas que realizaron la evaluación sensorial de barras nutricionales, agrupados en tres grupos.

En el tercer grupo, se observó que el 87,5% de los panelistas tenía entre 18 y 25 años, lo que sugiere una buena preferencia por las barras nutricionales entre los jóvenes; según Concenco et al. (2018), al analizar una barra de cereal elaborada con harina de linaza, encontraron que el 82% de intención de compra estaba representado en un 48% por evaluadores menores de 25 años. En cuanto a la vivencia, el 54,2% de los panelistas vivían solos, lo que indica que sus decisiones de compra no estaban influenciadas por familiares; Zadka et al. (2019) reportaron que en su investigación con 1,100 adolescentes (11 a 13 años) de Polonia Central, un 74% consumía bocadillos dulces con menor frecuencia, y el 36% prefería bocadillos salados, destacando que el consumo de alimentos dulces aumenta a medida que los adolescentes crecen. Respecto al salario familiar, el 66,7% de los panelistas indicó que sus familias ganaban menos de un salario mínimo; Vaughan et al. (2024) señalaron que, a pesar de los bajos recursos, las familias son conscientes de la necesidad de garantizar una dieta sana, equilibrada, aunque el precio de los alimentos y la disponibilidad de beneficios influyen en sus decisiones de compra. En términos de género, el 70,8% de los panelistas fueron mujeres; según Vuksanovic et al. (2017), las mujeres tienden a estar más interesadas y entusiasmadas en probar alimentos elaborados con frutas, verduras o ingredientes inusuales. Finalmente, en cuanto al grado de instrucción, el 95,8% de los panelistas estaba cursando estudios universitarios; Agbaje et al. (2014) encontraron que al trabajar con sesenta panelistas universitarios en la calificación de barras de cereales elaboradas con copos de arroz glutinoso, estos mostraron una buena aceptabilidad de los atributos sensoriales, con puntajes superiores a 6.

Tabla 9. Datos socio-demográficos de los panelistas.

Datos	Grupo 1 (N=20)	Grupo 2 (N=18)	Grupo 3 (N=24)	Total (N=62)
Edad				
31-45	2 (10,0%)	3 (16,7%)	2 (8,3%)	7 (11,3%)
De 18-25	18 (90,0%)	15 (83,3%)	21 (87,5%)	54 (87,1%)
Más de 60	0 (0%)	0 (0%)	1 (4,2%)	1 (1,6%)
Vivencia				
Con su familia	8 (40,0%)	8 (44,4%)	11 (45,8%)	27 (43,5%)
Solo	12 (60,0%)	10 (55,6%)	13 (54,2%)	35 (56,5%)
Salario familiar				
De 1 a 3 SM	9 (45,0%)	3 (16,7%)	7 (29,2%)	19 (30,6%)
Más de 3 SM	1 (5,0%)	0 (0%)	1 (4,2%)	2 (3,2%)
Menos de 1 SM	3 (15,0%)	4 (22,2%)	4 (16,7%)	11 (17,7%)
Menos de 1 SM	7 (35,0%)	11 (61,1%)	12 (50,0%)	30 (48,4%)
Género				
Femenino	14 (70,0%)	12 (66,7%)	17 (70,8%)	43 (69,4%)
Masculino	6 (30,0%)	6 (33,3%)	7 (29,2%)	19 (30,6%)
Grado de instrucción				
Cursando universidad	14 (70,0%)	15 (83,3%)	23 (95,8%)	52 (83,9%)
Universidad concluida	6 (30,0%)	3 (16,7%)	0 (0%)	9 (14,5%)
Post-graduación	0 (0%)	0 (0%)	1 (4,2%)	1 (1,6%)

4.2. Análisis de perfil de textura (APT) en barras nutricionales

Los resultados de las barras nutricionales elaboradas con flor de plátano (FP), harina de frijol (FH) y cáscara de papaya (CP) mostraron variaciones significativas ($p < 0,05$) en las propiedades texturales analizadas, como se indica en la Tabla 10. Estas variaciones pueden atribuirse a factores como la densidad de las partículas, el contenido de humedad, la distribución de los ingredientes y la cantidad de azúcar, tal como señalaron Muniz et al. (2020).

La dureza es una propiedad fundamental en las barras nutricionales, ya que influye en la aceptación sensorial del producto. En este análisis, el tratamiento T7 mostró la mayor dureza ($49,31 \pm 15,37$ N), seguido por el T5 ($34,74 \pm 11,56$ N), en comparación con el T1, que presentó una dureza de $24,74 \pm 3,86$ N. Estas diferencias se atribuyen a la presencia de un 12%

y 15% de FH en cada muestra, lo que se relaciona con el contenido de proteínas y el tamaño de las partículas. Cheng y Bhat (2016) indicaron que el aumento de la dureza en galletas está relacionado con el contenido proteico, mientras que Jose et al. (2022) confirmaron que la dureza de las galletas aumenta con la incorporación de harina de orujo de piña (5% y 10%) cuando se utiliza un tamaño de partícula menor de 149 μm , aunque con un 15% de harina se observa un efecto contrario. Por otro lado, Hogan et al. (2012) encontraron correlaciones negativas entre la dureza y factores como la humedad, la actividad de agua y la densidad de las partículas de polvo de proteína; además, el aumento de la proteína micelar en las barras de cereales provocó un incremento de la dureza con el tiempo.

En cuanto a la adhesividad, el T5 presentó el valor más bajo ($0,078 \pm 0,067$ mJ) en comparación con T1, T2 y T7 ($0,078$ - $0,21$ mJ). Esta diferencia puede deberse a la incorporación de harina de frijol (FH), que ayuda a evitar la formación de una red pegajosa entre los azúcares de la barra al absorber humedad, lo que resulta en una menor adhesividad; Shourideh et al. (2012) observaron que la textura adhesiva en las barras de cereales se debe a la higroscopicidad de los azúcares, que absorben humedad; por otro lado, Fanari et al. (2023) encontraron un comportamiento similar al añadir polvo de microalgas en barras de cereales, donde la adhesividad disminuyó de 90,42 J (sin microalgas) a 49,34 J (con 5%)

Tabla 10. Propiedades texturales de barras nutricionales.

Propiedades	T1	T2	T5	T7
Dureza (N)	$24,74 \pm 3,86^c$	$23,13 \pm 8,91^c$	$34,74 \pm 11,56^b$	$49,31 \pm 15,37^a$
Adhesividad (mJ)	$0,21 \pm 0,206^a$	$0,261 \pm 0,162^a$	$0,078 \pm 0,067^b$	$0,32 \pm 0,237^a$
Cohesividad	$0,05 \pm 0,030^d$	$0,264 \pm 0,089^a$	$0,098 \pm 0,058^c$	$0,202 \pm 0,115^b$
Masticabilidad (N)	$1,20 \pm 0,699^b$	$5,83 \pm 2,301^a$	$3,088 \pm 1,991^b$	$9,27 \pm 5,359^a$
Elasticidad (mm)	$2,47 \pm 1,434^a$	$2,23 \pm 0,709^a$	$1,284 \pm 0,605^b$	$2,31 \pm 1,036^a$

Los datos representan promedio $\pm$ desviación estándar, valores de una misma fila con superíndices diferentes son significativos ($p < 0,05$), FP: fracción flor de plátano deshidratada, FH: fracción harina de frijol Huallaguino y CP: fracción cáscara de papaya deshidratada (FP; FH; CP). T1 (0,0; 0,0; 0,0), T2 (0,5; 0,1; 0,4) T5 (0,4; 0,5; 0,1) T7 (0,1; 0,4; 0,5).

La cohesividad, que se refiere a la capacidad que tiene la barra para mantenerse unida, compacta, sin desmoronarse, fue mayor en los tratamientos T5, T7 y T2 ($0,098$ - $0,264$) en comparación con el T1 ($0,05$). La menor cohesividad del T1 se debe posiblemente a la adición de HP, FH y CP, lo que disminuyó la heterogeneidad de la barra al reducir la cantidad de avena, un ingrediente con partículas grandes que no favorece a la cohesión; esto concuerda con Muniz et al. (2020), quienes señalaron que una mayor heterogeneidad entre los ingredientes

produce menor interacción, reduciendo así la fuerzas cohesivas; además, Chockchaisawasdee et al. (2023) encontraron que en panes elaborados con harina de cáscara de habas, la cohesividad aumentó con el incremento del porcentaje de harina de menor tamaño de partícula ($< 212 \mu\text{m}$).

Respecto a la masticabilidad, T2 ($5,83 \pm 2,301 \text{ N}$) y T7 ($9,27 \pm 5,359 \text{ N}$) mostraron valores mayores en comparación con el T1 ($1,20 \pm 0,699 \text{ N}$) y el T5 ($3,088 \pm 1,991 \text{ N}$); esta diferencia se atribuye a que ambas contenían un mayor porcentaje de CP (12% y 15%), lo que pudo proporcionar partículas más grandes, y, por ende, aumentar la masticabilidad; Yang et al. (2022) en su estudio sobre galletas con adición de harina de soja negra, encontraron que una menor masticabilidad se asociaba con un menor tamaño de partícula, lo que resultaba en galletas menos masticables, suaves y pegajosas; por lo tanto se recomienda el uso de harinas gruesas. Asimismo, She et al. (2024) observaron en panes elaborados con harina de almidón de kiwi que la masticabilidad aumentaba con el porcentaje de harina.

En cuanto a la elasticidad, el tratamiento T5 presentó el valor más bajo ($1,284 \pm 0,605 \text{ mm}$) en comparación con T1, T2 y T7, cuyos valores oscilaron entre 2,23 a 2,47 mm; estos tres no mostraron diferencias significativas entre sí. La reducción de la elasticidad en T5 podría explicarse por la proporción de materia seca en la barra, resultante de la combinación de 12% de FP y 15% de FH. Un evento similar fue reportado por Tasnim et al. (2020) en bizcochos, donde la adición del 8% de harina de flor de plátano redujo su elasticidad. Asimismo, Oladunjoye y Alade (2024) observaron una disminución de la elasticidad en galletas, pasando de 2,78 mm a 1,37 mm al incorporar harina de sorgo.

4.3. Determinación de fenoles totales, flavonoides totales y capacidad antioxidante de barras nutricionales

El análisis estadístico ($p < 0,05$) en el Anexo-XIIIa indica diferencias significativas en el contenido de fenoles totales entre las barras nutricionales evaluadas. Según se muestra en la Tabla 11, los tratamientos que incluyeron flor de plátano deshidratado (FP), harina de frijol huallaguino (FH) y cáscara de papaya deshidratada (CP) exhibieron niveles más altos de fenoles totales en comparación con el testigo (T1). Esto demuestra que es posible utilizar subproductos como fuentes de compuestos polifenólicos en la formulación de barras nutricionales; Marques et al. (2015), en su estudio sobre barras de cereales elaboradas con residuos de acerola (semilla, bagazo), reportaron contenidos fenólicos significativamente mayores: 1,10 g/100 g y 1,60 g/100 g, respectivamente, en comparación con la barra de control sin residuos, que presentó 0,33 g/100 g. Ramos et al. (2020) mencionan que las barras de

cereales permiten la inclusión de ingredientes que mejoran su valor nutricional, tales como vitaminas, minerales, fibra, proteínas y compuestos bioactivos, lo que las hace más saludables.

Según los resultados de las barras que contenían FP, FH, CP, el T5 presentó mayor contenido fenólico ($1,409 \pm 0,0169$ g EAG/100 g muestra), posiblemente debido a su composición, que incluye 12% FP y 15% FH; en comparación, el T2 mostró un contenido de $1,240 \pm 0,016$ g EAG/100 g muestra, con 15% FP y 12% CP, mientras que el T7 tuvo el menor contenido ($1,079 \pm 0,0073$ g EAG/100 g de muestra), con 12% de FH y 15% de CP (Tabla 11). La combinación de FP con FH resultó en un aumento significativo en el contenido fenólico de las barras nutricionales; Sarker et al. (2022) encontraron que el extracto de polvo de flor de plátano contiene 7,17 mg EAG/100 g de extracto; según Pereira et al. (2009), el frijol común, así como las habas, garbanzos y lentejas, son buenas fuentes de compuestos fenólicos, principalmente taninos en su cubierta; Yang et al. (2018) reportaron que el contenido de fenoles totales en frijol común después de la cocción tradicional varía entre 8,58 a 11,8 mg EAG/g de muestra seca. Este estudio resalta que la combinación estratégica de ingredientes puede aumentar el contenido fenólico de los alimentos, ofreciendo beneficios adicionales para la salud gracias a sus propiedades antioxidantes.

Con respecto a los flavonoides totales, se observó diferencia ($p < 0,05$) (Anexo-XIIIb). Los tratamientos T2, T5 y T7 presentaron variaciones entre 0,42 y 0,87 g EC/100 g, siendo estos valores superiores al del T1 (testigo), que mostró un contenido de 0,18 g EC/100 g (Tabla 11); este incremento puede atribuirse a la adición de FP y FH, ingredientes de colores oscuros. Este hallazgo es consistente con lo reportado por Aparicio-Fernandez et al. (2005), quienes señalaron que las cubiertas de los frijoles negros son ricas en flavonoides. Según Oomah y Balasubramanian (2010), los frijoles con cubiertas de colores más oscuros poseen un mayor contenido de flavonoides en comparación con aquellos de cubiertas más claras. Además, Chávez-Santoscoy et al. (2016) encontraron que al añadir un 7% de harina de extracto de frijol negro a galletas y tortillas, se logró un incremento en el contenido de flavonoides del 133% (de 8,54 a 19,93 mg/30 g) y del 130% (de 7,82 a 18,02 mg/30 g), respectivamente, en comparación con la adición del 3%.

El DPPH es un compuesto clave para evaluar la capacidad antioxidante de las muestras, ya que actúa como un radical libre que cambia de color púrpura a amarillo al reaccionar con antioxidantes. El análisis estadístico (Anexo-XIIIc) muestra diferencia ($p < 0,05$) revela diferencias significativas ($p < 0,05$) en la capacidad antioxidante de las barras evaluadas. Comparando los tratamientos T2, T5 y T7 con el T1 (testigo), se observó una notable variación en la capacidad antioxidante (Tabla 11), siendo mejores las primeras, que son aquellas barras

con adición de FP, FH, CP. El T5 destacó por presentar la mayor capacidad antioxidante, con un valor de $4,534 \pm 0,049$ mmol ET/100 g de muestra, mientras que el T7 mostró el valor más bajo, con $2,605 \pm 0,035$ mmol ET/100 g; esto pudo deberse a que el porcentaje de FP disminuye en el T7 (de 12% a 3%) e incrementa en el CP (de 3% a 15%), lo que impactó negativamente en la capacidad antioxidante. Según Silva y Conti-Silva (2018) informaron que en barras elaboradas con harina de cáscara de plátano, la capacidad antioxidante aumentó con el incremento de este ingrediente, sugiriendo que la formulación juega un papel crucial en la capacidad antioxidante de las barras. Oliveira et al. (2021) encontraron que una barra de cereal elaborada con frijol Caupí tenía una capacidad antioxidante de $125,62 \mu\text{mol ET/100 g}$, inferior a los valores reportados en este estudio. Ambos autores concluyen que la incorporación de nuevos ingredientes en las barras de cereales mejora sus propiedades funcionales en comparación con una barra basada únicamente en cereales, como el testigo.

Tabla 11. Fenoles totales, flavonoides totales y capacidad antioxidante en barras nutricionales

Tratamientos (FP; FH; CP)	Fenoles totales (g EAG/ 100 g)	Flavonoides (g EC/100 g	Capacidad antioxidante (mmol ET/ 100 g)	
			DPPH	ABTS
T1 (0,0; 0,0; 0,0)	$0,539 \pm 0,0073^d$	$0,18 \pm 0,005^d$	$1,439 \pm 0,051^d$	$4,542 \pm 0,094^d$
T2 (0,5; 0,1; 0,4)	$1,240 \pm 0,016^b$	$0,68 \pm 0,011^b$	$3,594 \pm 0,013^b$	$9,369 \pm 0,162^b$
T5 (0,4; 0,5; 0,1)	$1,409 \pm 0,017^a$	$0,87 \pm 0,017^a$	$4,534 \pm 0,049^a$	$10,767 \pm 0,224^a$
T7 (0,1; 0,4; 0,5)	$1,079 \pm 0,0073^c$	$0,42 \pm 0,012^c$	$2,605 \pm 0,035^c$	$7,811 \pm 0,366^c$

Los datos representan promedio $\pm$ desviación estándar, valores de una misma columna con superíndices diferentes son significativos ($p < 0,05$), FP: fracción de flor de plátano deshidratada, FH: fracción de harina de frijol Huallaguino y CP: fracción de cáscara de papaya deshidratada.

La determinación de la capacidad antioxidante mediante el método ABTS se basa en la reducción de la absorbancia a 734 nm, lo que permite evaluar la eficacia de un compuesto para inhibir el radical $\text{ABTS}^{\bullet+}$. Este método es versátil, aplicándose tanto en sistemas acuosos como lipofílicos, lo que lo hace ideal para analizar antioxidantes en diversos tipos de alimentos, incluidas las barras nutricionales (Dorsey y Jones, 2017). El análisis estadístico (Anexo-XIIId) muestra diferencias significativas en la capacidad antioxidante medida por ABTS entre los tratamientos evaluados. Los tratamientos T2, T5, T7, que incorporaron ingredientes no convencionales como FP, FH y CP, mostraron incrementos en su capacidad antioxidante del 106%, 137% y 72%, respectivamente, en comparación con el tratamiento control (Tabla 8); Graziele et al. (2024) evaluaron la capacidad antioxidante mediante ABTS de una barra de

cereal con adición de harina de semillas, almendras y cáscara de *Araucaria angustifolia* (Pino Paraná), con un aumento con respecto a su control (111,03 mg Trolox/g) con harina de semillas hasta un 8,4% y con la cáscara un 23,7%; de forma similar, Jethwani et al. (2020) reportaron en barras de cereales a base de chíá enriquecidas con mango, manzana y guava, presentaron incrementos de la capacidad antioxidante de 19,18% (45,49 mmol ET/55 g); 10,8% (42,30 mmol ET/55 g) y 3,7% (39,6 mmol ET/55 g) respectivamente. Estos hallazgos indican la importancia de incorporar no solo cereales, sino también fuentes adicionales de antioxidantes en la formulación de barras nutricionales, lo que no solo enriquece su perfil nutricional, sino que también potencia sus propiedades funcionales

La inclusión de flor de plátano (FP), frijol huallaguino (FH), cáscara de papaya (CP) en barras de cereales ha demostrado un notable incremento en su contenido fenólico, flavonoides, así como en su capacidad antioxidante, en comparación con las barras hechas solo a base de cereales. Este enfoque no solo responde a una creciente demanda en el mercado por productos más saludables y funcionales, sino que también permite aprovechar los beneficios de los compuestos bioactivos presentes en estos ingredientes. Aunque las barras de cereales son a menudo vistas como alternativas más saludables a los chocolates, han sido objeto de críticas debido a su alto contenido de grasas saturadas, azúcares añadidos y el grado de procesamiento. Klerks et al. (2022) destacan la necesidad de mejorar la formulación de estas barras para aumentar su salubridad y naturalidad. Por otro lado, Stratil et al. (2007) enfatizan que los compuestos fenólicos se encuentran ampliamente distribuidos en una variedad de alimentos, incluidas verduras, frutas, cereales, legumbres y semillas. Estos compuestos desempeñan un papel crucial como antioxidantes, protegiendo las células del daño oxidativo causado por los radicales libres, lo que respalda la promoción de productos alimenticios más saludables y funcionales.

4.4. Evaluación fisicoquímica de las barras nutricionales

Los resultados de humedad, proteína, fibra cruda, carbohidratos, ceniza, pH y acidez se detallan en la Tabla 12. Se observaron diferencias significativas ($p < 0,05$) entre los tratamientos T1 (testigo), T2, T5 y T7, lo que indica que la incorporación de los ingredientes como flor de plátano, frijol huallaguino y cáscara de papaya impactó notablemente las propiedades nutricionales de las barras (Anexo-XIVa, b, d, e, f, g y h).

La humedad en las barras de cereal es un factor crítico que influye en su conservación y aceptación sensorial, ya que un alto contenido puede llevar reacciones no deseadas, como la pérdida de crocancia, lo que reduce la frescura y la calidad del producto,

haciéndolo menos atractivo para los consumidores; según Takeuchi et al. (2005), la pérdida de crocancia debido a la alta humedad en las barras de cereal indica una pérdida de su frescura, así también su calidad. En este contexto, el T1 presentó el menor contenido de humedad (2,52%), en comparación con los tratamientos T5, T7 y T2, que mostraron valores entre 4,85% y 7,59% (Tabla 12). Es importante notar que el T1 contenía un 45% de avena, mientras que los otros tratamientos solo tenían un 15% y presentaban ingredientes adicionales como FP, FH y CP; Munhoz et al. (2014) reportaron un contenido de humedad de 4,35% en una barra de cereal con un 30,7% de avena, con la adición de pulpa y semilla de bocaiuva, mientras que Sun-Waterhouse et al. (2010) encontraron que una barra control con mayor contenido de avena tenía una humedad más baja (5,6%) en comparación con una barra que incluía manzana (7,6%). Entre los tratamientos analizados, el T2 mostró la mayor humedad, lo que podría atribuirse a la inclusión de FP (15%) y CP (12%); tanto la flor de plátano como la cáscara de papaya presentan azúcares que ocasionan el aumento de la higroscopicidad de las barras, Caparino et al. (2012) mencionan que las frutas deshidratadas tienden a presentar una mayor pegajosidad e higroscopicidad debido a su alto contenido de azúcares; el Ministerio de Desarrollo e Inclusión Social (MIDIS) considera dentro de sus especificaciones técnicas un máximo de 10% de humedad (ver Anexo-XV). El T5 presentó la menor humedad, posiblemente debido a la inclusión del 15% de harina de frijol; de similar forma Shah y Sharif (2012) encontraron que la adición de harina de soja en bocadillos extruidos de maíz redujo la humedad de 5,4% a 3,4%, lo que sugiere que la naturaleza de los ingredientes utilizados puede influir significativamente en el contenido de humedad del producto final.

El contenido de proteína en las barras nutricionales mostró variaciones significativas entre los diferentes tratamientos, incluido el control. El T5 (con FH de 15%) y T7 (con FH de 12%) presentaron los mayores niveles de proteína en comparación con el T1 (testigo) y el T2 (Tabla 12); esta tendencia puede atribuirse al alto contenido de harina de frijol, que es una leguminosa reconocida por su riqueza en proteínas. Este estudio es consistente con Ramírez-Jiménez et al. (2018), quienes encontraron que las barras de cereales que contenían entre 23,4% y 24,6% de harina de frijol común presentaban un contenido de proteína de 12,46% y 12,63%, respectivamente, superando significativamente al control que tenía un 10,09%. Esto resalta la capacidad del frijol común para incrementar el contenido proteico en productos alimentario. El frijol común es una leguminosa rica en proteínas, que al ser adicionada a productos alimentarios incrementa su contenido en proteínas, a pesar que los antinutrientes disminuyen su digestibilidad, son considerados como una fuente rica en proteínas; según King et al. (2024), la incorporación de legumbres en productos alimenticios, junto con cereales,

contribuye a lograr un perfil completo de aminoácidos en la dieta; Wainaina et al. (2021) también mencionan que tratamientos como el remojo y la cocción pueden reducir los antinutrientes en las legumbres, mejorando así su digestibilidad y el aprovechamiento de sus nutrientes.

Según la Tabla 12, el contenido de grasa en los tratamientos T1, T2, T5 y T7 se registró en 9,87%, 8,16%, 9,14% y 8,94%, respectivamente, sin mostrar diferencias significativas ($p > 0,05$) (Anexo XIVc). Esto sugiere que la adición de ingredientes como FP, FH y CP, no afectó el contenido total de grasa en las barras nutricionales. Estos hallazgos son coherentes con los reportados por Souiy et al. (2022), quienes observaron que en barras con adición de espirulina y aceite esencial de neroli, el contenido de grasa varió entre 4,74% y 5,3%, dicha variación se atribuyó a la composición de las materias primas utilizada. En contraste, Safvi et al. (2023) encontraron contenidos de grasa significativamente mayores en barras energéticas que contenían 22,5 g de semillas de chironjé, alcanzando un 28,67%, en comparación con un 13,33% en el control.

Tabla 12. Composición fisicoquímicos de barras nutricionales.

Propiedades	T1	T2	T5	T7
Humedad (%)	2,52 ± 0,27 ^d	7,59 ± 0,41 ^a	4,85 ± 0,44 ^c	6,49 ± 0,13 ^b
Proteína bruta (%)	9,95 ± 0,19 ^c	10,19 ± 0,40 ^c	12,54 ± 0,33 ^a	11,10 ± 0,34 ^b
Grasa (%)	9,87 ± 0,87 ^a	8,16 ± 0,46 ^a	9,14 ± 0,77 ^a	8,94 ± 0,41 ^a
Fibra cruda (%)	9,59 ± 0,61 ^c	12,33 ± 1,03 ^b	14,70 ± 1,03 ^a	13,54 ± 0,92 ^{ab}
Carbohidratos (%)	66,74 ± 0,86 ^a	59,28 ± 1,46 ^b	56,48 ± 1,96 ^b	57,48 ± 1,89 ^b
Ceniza (%)	1,4 ± 0,25 ^b	2,45 ± 0,10 ^a	2,29 ± 0,08 ^a	2,45 ± 0,05 ^a
pH	5,86 ± 0,02 ^b	5,54 ± 0,001 ^d	5,96 ± 0,004 ^a	5,61 ± 0,01 ^c
Acidez titulable (%)	0,20 ± 0,01 ^d	0,52 ± 0,004 ^b	0,35 ± 0,005 ^c	0,58 ± 0,006 ^a

Los datos representan promedio ± desviación estándar, valores de una misma fila con superíndices diferentes son significativos ($p < 0,05$), FP: fracción flor de plátano deshidratada, FH: fracción harina de frijol Huallaguino y CP: fracción cáscara de papaya deshidratada (FP; FH; CP). T1 (0,0; 0,0; 0,0), T2 (0,5; 0,1; 0,4) T5 (0,4; 0,5; 0,1) T7 (0,1; 0,4; 0,5).

El contenido de fibra cruda mostró un aumento significativo, pasando del 9,51% en el T1 a un 14,70% en el T5; esto puede atribuirse a la inclusión de 12% de FP y 15% de FH en el T5, ambos ingredientes son reconocidos por ser fuentes ricas en fibra; Bakara et al. (2024) reportaron un aumento similar en galletas, donde el contenido de fibra cruda se incrementó de 5,15% en el testigo a 12,23% con la adición de harina de frijoles rojos combinados con pescado bagre; de manera análoga, Roa-acosta et al. (2024) observaron un aumento del 1,2% al 9,9%

en el contenido de fibra dietética en panes suplementados con harina de cacay, cáscara y pulpa de papaya. Según Khanpit et al. (2023), la fibra dietética, tanto soluble como insoluble, es considerada el séptimo nutriente básico en la dieta humana debido a sus amplios beneficios fisiológicos. Aunque la fibra cruda no abarca todos los componentes de la fibra dietética, como mencionan Yaqoob et al. (2019), su incremento es indicativo de un aumento en la fibra dietética general. Así, el aumento en la fibra cruda en el T5 contribuye a mejorar el perfil nutricional de las barras, brindando beneficios adicionales para la salud.

La cantidad de ceniza en las barras nutricionales T2, T5, T7 (2,29%-2,45%), que incorporan FP, FH, CP, resultó ser significativamente mayor en comparación con el T1 (1,4%), este hallazgo indica que los ingredientes incorporados en estos tratamientos posiblemente tengan un mayor contenido de minerales. Muniz et al. (2020) observaron un comportamiento similar en su investigación sobre barras energéticas elaboradas con residuo de guayaba, donde el contenido de ceniza de las barras con adición de residuo fue de 1,58%, superando al de la barra control, que presentó 1,32%. Entre los tratamientos, el T5 mostró un contenido de ceniza de 2,29%, lo que puede deberse a la menor proporción de cáscara de papaya utilizada en comparación con T2 y T7. Mendes et al. (2013) también reportaron en barras de cereales que contenían cáscara de papaya y manzana un contenido de ceniza de 2,09%, lo que destaca la variabilidad en el contenido de minerales según el tipo y cantidad de ingredientes utilizados.

El contenido de carbohidratos en el testigo (T1) fue mayor (66,74%) en comparación a las muestras T2, T7, T5 (de 59,28% a 56,48%), puede atribuirse al aumento en el contenido de fibra cruda (que varió de 12,33% a 14,70%) y proteína bruta (de 10,19% a 12,54%) en las barras que incorporaron ingredientes no convencionales. Este fenómeno ha sido documentado por Roberto et al. (2015), quienes encontraron que en barras de cereales elaboradas con cáscara y semilla de guayaba, el contenido de carbohidratos disminuyó de 70,55% a 56,14%, lo cual fue atribuido al aumento de la fibra. Asimismo, Samuel y Peerkhan (2020) observaron que la adición de mijo perlado en barritas proteicas resultó en una disminución del contenido de carbohidratos, que pasó de 56,37% a 54,57%, también debido a un aumento en el contenido proteico.

El pH osciló entre $5,54 \pm 0,001$ y $5,96 \pm 0,004$ para T2 y T5 respectivamente; este aumento podría deberse a la inclusión del 15% de harina de frijol (FH), que parece contribuir al incremento del pH en la formulación; al respecto Henenge (2019) también reportó un aumento del pH de 6,86 a 6,74 al añadir harina de garbanzo; Díaz et al. (2010) en galletas con adición de bleo (*Amaranthus retroflexus* L.) reportaron una variación en el pH de 5,56, 5,87. Según Dumetz et al. (2008), las variaciones en el pH están influenciadas por los tipos de

ingredientes y las interacciones químicas entre ellos. Este factor puede tener un impacto significativo en la textura, color, así como en la conservación de los alimentos; Andrés-Bello et al. (2013) enfatizan la importancia de considerar los ingredientes en la formulación para garantizar la calidad óptima del producto.

La acidez titulable en las barras aumentó con la adición de FP, FH y CP, siendo el T7 el que presentó el mayor valor ($0,58 \pm 0,006\%$), en comparación con el testigo (T1) que mostró una acidez de $0,20 \pm 0,01\%$; este incremento se puede atribuir principalmente a la cáscara de papaya, lo cual coincide con los hallazgos de Aparecida et al. (2016), quienes reportaron un aumento en la acidez titulable de 0,18% a 0,38% en barras de cereal con harina de cáscara de piña; similarmente, Souza Santos et al. (2022) indicaron una acidez titulable de 0,58% en barras de cereal que incluían cáscara de maracuyá. Según Casaubon et al. (2018), la acidez titulable está inversamente relacionada con el pH, las frutas generalmente presentan un pH que oscila entre 3,32 y 4,01. Al respecto Etienne et al. (2013) explican que esta acidez se debe a la presencia de ácidos orgánicos, como el ácido cítrico y el ácido málico, que se encuentran en mayor concentración en frutas maduras

V. CONCLUSIONES

- La optimización con el diseño de mezclas simplex-centroide con restricciones mediante la aceptabilidad sensorial de textura, color, aroma, sabor, apariencia general y aceptación global, determinó la barra nutricional con FP < 6%, FH de 10-12% y CP >12%; con un perfil de deseabilidad de 0,61, el óptimo fue 3% FP, 12% HF, 15% CP (T7); y la validación con los seis atributos varió de 2,87% (textura) a 18,54% (sabor).
- La prueba CATA reveló una fuerte correlación entre aspecto homogéneo vs color miel (0,96), sabor a cereal vs sabor amargo (-0,93) sin el testigo; con el testigo, entre aspecto homogéneo vs color miel (0,76), color oscuro vs color miel (-0,89). En los análisis de correspondencia y conglomerados jerárquicos, el T1 destacó con diez descriptores positivos con testigo, mientras que sin testigo el T7 fue el mejor con cuatro descriptores positivos. La intención de compra con 50% de “si lo compraría” fue para el tercer grupo de panelistas, siendo el T1 (testigo) > T7. Los panelistas fueron de 18-25 años (87,1%), vivían solos (56,5%), menos de un salario mínimo (66,3 %), mujeres (69,4%), universitarios (83,9 %).
- Respecto a las propiedades texturales la barra nutricional T7 (3% FP, 12% FH y 15% CP) presentó la mayor dureza ($49,31 \pm 15,37$ N), adhesividad ($0,32 \pm 0,237$ mJ), masticabilidad ($9,27 \pm 5,359$), elasticidad ($2,31 \pm 1,036$ mm), mientras que T2 (15% FP, 3% FH, 12% CP) tuvo la mayor cohesividad ($0,264 \pm 0,089$).
- El mayor contenido de fenoles totales ($1,409 \pm 0,0169$ g EAG/100 g), flavonoides totales ($0,87 \pm 0,017$ g EC/100 g), capacidad antioxidante en DPPH ($4,534 \pm 0,049$ mmol ET/100 g) y ABTS ($10,767 \pm 0,224$ mmol ET/100 g) lo tuvo la barra nutricional T5 con 12% FP, 15% FH, 3% CP, siendo el menor T1 (testigo).
- La barra nutricional elaborada con FP, FH, CP tuvo una mayor humedad (4,85%-7,59%), proteína bruta (10,19%-12,54%), fibra cruda (12,33%-14,70%), menor carbohidratos (56,48%-59,28%), mientras que el T1 (testigo) solo mostró mayor contenido de carbohidratos (66,74%).

VI. PROPUESTAS A FUTURO

- Se recomienda realizar investigaciones elaborando barras nutricionales con 60% de fase seca (3% de flor de plátano deshidratada (FP), 12% de harina de frijol Huallaguino (FH), 15% de cáscara de papaya deshidratada (CP), 20% cereales (avena, quinua), 10% frutos secos (maní y semilla de zapallo)), 40% de fase aglomerante (miel, jarabe de caña, glucosa), por presentar buenas propiedades sensoriales, texturales, funcionales y fisicoquímicas.
- Potenciar el uso de subproductos industriales como cáscaras de frutas, orujo de vegetales en la incorporación de nuevos productos alimentarios, como galletas, bizcochos, panes, snacks, debido a que mejora las propiedades funcionales, nutricionales, contribuyendo en la economía circular.
- Optimizar las proporciones de FP, FH, CP, en base a los descriptores positivos encontrados con el análisis de penalización, para valorar su consumo, considerando el aspecto de homogeneidad, minimizando los sabores no deseados (amargo).
- Estudiar la fermentación en estado sólido de la cáscara de papaya, flor de plátano para el enriquecimiento de proteínas unicelulares, su inclusión en las barras nutricionales, mejorando el contenido de fibra dietética, proteína.
- Extraer la fibra dietética de la flor de plátano, adicionarla en las barras nutricionales, evitará el uso directo de la flor, reduciendo el sabor amargo, aumentando su aceptabilidad.
- Usar métodos descriptivos rápidos como RATA, Sorting y Napping® en el análisis sensorial de barras nutricionales para complementar al CATA, que solo identifica los descriptores percibidos en un producto, mientras RATA clasifica la importancia de esos descriptores, Sorting agrupa productos según similitudes o diferencias, Napping® visualiza las percepciones en un espacio multidimensional para comprender sus relaciones.
- Realizar un análisis granulométrico de FP, FH, CP en las barras nutricionales, para mejorar las propiedades de textura, distribución de ingredientes, interacción con otros ingredientes, absorción de humedad.

VII. REFERENCIAS

- Aakash Gill, G. S. M. y A. K. S. (2022). Snack bars as functional foods: A review. *He Pharma Innovation Journal*, 11(3), 1324–1331. <https://www.thepharmajournal.com>.
- Abdi, H., y Williams, L. J. (2010). Principal component analysis. *Wiley Interdisciplinary Reviews: Computational Statistics*, 2(4), 433–459. <https://doi.org/10.1002/wics.101>.
- Adams, S. P. (2008). Mechanisms of nutrition bar hardening: Effect of hydrolyzed whey protein and carbohydrate source. *Nutrition, Dietetics, and Food Sciences*, 77. <https://doi.org/10.26076/7d2b-9104>
- Adeyeye, S. A. O., Ashaolu, T. J., y Babu, A. S. (2022). Food drying: a review. *Agricultural Reviews*, 1-8. <https://doi.org/10.18805/ag.r-2537>.
- Agbaje, R., Hassan, C. Z., Arifin, N., y Rahman, A. A. (2014). Sensory preference and mineral contents of cereal bars made from glutinous rice flakes and Sunnah foods. *IOSR Journal of Environmental Science, Toxicology and Food Technology*, 8(12), 26–31. <https://doi.org/10.9790/2402-081222631>
- Aigster, A., Duncan, S. E., Conforti, F. D., y Barbeau, W. E. (2011). Physicochemical properties and sensory attributes of resistant starch-supplemented granola bars and cereals. *Lwt*, 44(10), 2159–2165. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2011.07.018>
- Akkad, R., Buchko, A., Soladoye, P. O., Han, J., y Curtis, J. M. (2023). A study of the sensory attributes of flours and crackers made from sprouted and unsprouted faba beans. *Lwt*, 179, 114650. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2023.114650>
- AL-Ghudani, M. K. N., y Hossain, M. A. (2015). Determination of total phenolics, flavonoids and antioxidant activity of root crude extracts of *Adenium obesum* traditionally used for the treatment of bone dislocations and rheumatism. *Asian Pacific Journal of Tropical Disease*, 5(S1), S155–S158. [https://doi.org/10.1016/S2222-1808\(15\)60879-9](https://doi.org/10.1016/S2222-1808(15)60879-9)
- Anand, S., & Sharma, M. (2019). Product Development from Banana Blossom Powder and Indian Gooseberry Powder for Anaemic Adolescent Girls. *International Journal of Health Sciences & Research*, 9(5), 273.
- Anand, S., Sharma, M., & Rachna, M. (2020). Organoleptic evaluation of product developed from banana blossom powder and Indian gooseberry powder for anaemic population. *Plant Archives*, 20(2), 4–7.
- Andrés-Bello, A., Barreto-Palacios, V., García-Segovia, P., Mir-Bel, J., y Martínez-Monzó, J. (2013). Effect of pH on Color and Texture of Food Products. *Food Engineering Reviews*, 5(3), 158–170. <https://doi.org/10.1007/s12393-013-9067-2>

- Aparecida Damasceno, K., Alvarenga Gonçalves, C. A., Dos Santos Pereira, G., Lacerda Costa, L., Bastianello Campagnol, P. C., Leal De Almeida, P., y Arantes-Pereira, L. (2016). Development of cereal bars containing pineapple peel flour (*Ananas comosus* L. Merrill). *Journal of Food Quality*, 39(5), 417–424. <https://doi.org/10.1111/jfq.12222>
- Aparicio-Fernandez, X., Yousef, G. G., Loarca-Pina, G., De Mejia, E., y Lila, M. A. (2005). Characterization of polyphenolics in the seed coat of black jamapa bean (*Phaseolus vulgaris* L.). *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 53(11), 4615–4622. <https://doi.org/10.1021/jf047802o>
- Appelt, P., da Cunha, M. A. A., Guerra, A. P., Kalinke, C., y da Lima, V. A. (2015). Desenvolvimento e caracterização de barras de cereais produzidas com farinhas de casca de jabuticaba e okara. *Acta Scientiarum - Technology*, 37(1), 117–122. <https://doi.org/10.4025/actascitechnol.v37i1.21070>
- Ares, G., Bruzzone, F., y Giménez, A. (2011). Is a consumer panel able to reliably evaluate the texture of dairy desserts using unstructured intensity scales? Evaluation of global and individual performance. *Journal of Sensory Studies*, 26(5), 363–370. <https://doi.org/10.1111/j.1745-459x.2011.00352.x>
- Ares, G., Jaeger, S. R., Bava, C. M., Chheang, S. L., Jin, D., Gimenez, A., Vidal, L., Fiszman, S. M., y Varela, P. (2013). CATA questions for sensory product characterization: Raising awareness of biases. *Food Quality and Preference*, 30(2), 114–127. <https://doi.org/10.1016/j.foodqual.2013.04.012>
- Ayad, A. A., Williams, L. L., Gad El-Rab, D. A., Ayivi, R., Colleran, H. L., Aljaloud, S., y Ibrahim, S. A. (2020). A review of the chemical composition, nutritional and health benefits of dates for their potential use in energy nutrition bars for athletes. *Cogent Food & Agriculture*, 6(1), 1809309. <https://doi.org/10.1080/23311932.2020.1809309>
- Bakara, T. L., Rumida, y Naibaho, J. (2024). Development of cookies made from red kidney beans, oyster mushroom, catfish and fermented soybean flours as a food alternative for stunting kids in Indonesia. *Food and Humanity*, 2, 100308. <https://doi.org/10.1016/j.foohum.2024.100308>
- Barbosa-Cánovas, G. V., y Vega-Mercado, J. E. (2005). *Food engineering: Principles and selected applications*. CRC Press. ISBN: 978-0849336929
- Barton, A., Hayward, L., Richardson, C. D., y McSweeney, M. B. (2020). Use of different panellists (experienced, trained, consumers and experts) and the projective mapping task to evaluate white wine. *Food Quality and Preference*, 83, 103900. <https://doi.org/10.1016/j.foodqual.2020.103900>

- Bassinello, P. Z., Freitas, D. de G. C., Ascheri, J. L. R., Takeiti, C. Y., Carvalho, R. N., Koakuzu, S. N., y Carvalho, A. V. (2011). Characterization of cookies formulated with rice and black bean extruded flours. *Procedia Food Science*, 1, 1645–1652. <https://doi.org/10.1016/j.profoo.2011.09.243>
- Bchir, B., Jean-François, T., Rabetafika, H. N., y Blecker, C. (2018). Effect of pear apple and date fibres incorporation on the physico-chemical, sensory, nutritional characteristics and the acceptability of cereal bars. *Food Science and Technology International*, 24(3), 198–208. <https://doi.org/10.1177/1082013217742752>
- Berk, Z. (2009). *Food process engineering and technology*.
- Bhuyan, D., y Basu, A. (2017). 2: Phenolic compounds potential health benefits and toxicity. *Utilisation of Bioactive Compounds from Agricultural and Food Waste*, 27–59. <https://doi.org/10.1201/9781315151540-3>
- Bokaria, K., y Ray, S. (2016). Development of papaya peel flour based cookies and evaluation of its quality. *Journal of Multidisciplinary Engineering Science and Technology (JMEST)*, 3(12), 2458–9403. www.jmest.org
- Bordim, J., Amorim, J., Sari, R., da Silva, A. C. T., Sotiles, A. R., y Pereira, E. A. (2018). Technological use of flour obtained from the byproducts of passion fruit albedo and the residue of the extraction of the star fruit juice in the formulation of cereal bars. *Orbital*, 10(3), 211–217. <https://doi.org/10.17807/orbital.v10i3.1102>
- Boukid, F., Klerks, M., Pellegrini, N., Fogliano, V., Sanchez-Siles, L., Roman, S., y Vittadini, E. (2022). Current and emerging trends in cereal snack bars: implications for new product development. *International Journal of Food Sciences and Nutrition*, 73(5), 610–629. <https://doi.org/10.1080/09637486.2022.2042211>
- Brand-Williams, W., Cuvelier, M. E., y Berset, C. (1995). Use of a free radical method to evaluate antioxidant activity. *LWT - Food Science and Technology*, 28(1), 25–30. [https://doi.org/10.1016/S0023-6438\(95\)80008-5](https://doi.org/10.1016/S0023-6438(95)80008-5)
- Caipo, Y., Gutiérrez, A., y Julca, A. (2015). Optimization by mixtures design of the acceptability of an energy bar from quinoa (*Chenopodium quinoa*), amaranth (*Amaranthus caudatus*) and cañihua (*Chenopodium pallidicaule*) evaluated in children. *Agroindustrial Science*, 5(1), 61–67. <https://doi.org/10.17268/agroind.science.2015.01.06>
- Caparino, O. A., Tang, J., Nindo, C. I., Sablani, S. S., Powers, J. R., y Fellman, J. K. (2012). Effect of drying methods on the physical properties and microstructures of mango

- (Philippine var 'Carabao'.) powder. *Journal of Food Engineering*, 111(1), 135–148. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2012.01.010>
- Carvalho, V. S., y Conti-Silva, A. C. (2017). Cereal bars produced with banana peel flour: evaluation of acceptability and sensory profile. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 98(1), 134–139. <https://doi.org/10.1002/jsfa.8447>
- Casaubon, P., Lamshing, P., Isoard, F., Lemen, S., Delgado, D., & Pérez, A. (2018). pH de los alimentos: ¿Una herramienta para el manejo de los pacientes con reflujo gastroesofágico? *Revista Mexicana de Pediatría*, 85(3), 89–94.
- Castro, E., y de Hombre, R. (2007). Parámetros mecánicos y textura de los alimentos. Universidad de Chile, 1–157. <http://repositorio.uchile.cl/handle/2250/121381>
- Castro, I. A., Majmundar, A., Williams, C. B., y Baquero, B. (2018). Customer purchase intentions and choice in food retail environments: A scoping review. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 15(11). <https://doi.org/10.3390/ijerph15112493>
- Cayres, C. A., Ascheri, J. L. R., Couto, M. A. P. G., y Almeida, E. L. (2021). Impact of pregelatinized composite flour on nutritional and functional properties of gluten-free cereal-based cake premixes. *Journal of Food Measurement and Characterization*, 15(1), 769–781. <https://doi.org/10.1007/s11694-020-00678-9>
- Chávez-Santoscoy, R. A., Gutiérrez-Urbe, J. A., Serna-Saldivar, S. O., y Perez-Carrillo, E. (2016). Production of maize tortillas and cookies from nixtamalized flour enriched with anthocyanins, flavonoids and saponins extracted from black bean (*Phaseolus vulgaris*) seed coats. *Food Chemistry*, 192, 90–97. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2015.06.113>
- Chávez, D. W. H., Ascheri, J. L. R., Carvalho, C. W. P., Bernardo, C. O., Deliza, R., Freitas-Sá, D. D. G. C., Teles, A. S. C., y Queiroz, V. A. V. (2021). Physicochemical properties, characteristics, and consumer acceptance of whole grain sorghum expanded extrudates. *Journal of Food Processing and Preservation*, 45(10), 1–13. <https://doi.org/10.1111/jfpp.15837>
- Chen, J., y Rosenthal, A. (2015). Food texture and structure. In modifying food texture: novel ingredients and processing techniques. Elsevier Ltd, 1. <https://doi.org/10.1016/B978-1-78242-333-1.00001-2>
- Chen, L., y Opara, U. L. (2013). Approaches to analysis and modeling texture in fresh and processed foods - A review. *Journal of Food Engineering*, 119(3), 497–507. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2013.06.028>

- Cheng, Y. F., y Bhat, R. (2016). Functional, physicochemical and sensory properties of novel cookies produced by utilizing underutilized jering (*Pithecellobium jiringa* Jack.) legume flour. *In Food Bioscience, Elsevier*, 1. <https://doi.org/10.1016/j.fbio.2016.03.002>
- Chockchaisawasdee, S., Mendoza, M. C., Beecroft, C. A., Kerr, A. C., Stathopoulos, C. E., y Fiore, A. (2023). Development of a gluten free bread enriched with faba bean husk as a fibre supplement. *Lwt*, 173. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2022.114362>
- Clark, S., Costello, M., Drake, M. A., y Bodyfelt, F. (2009). The sensory evaluation of dairy products. *The Sensory Evaluation of Dairy Products*, 1–573. <https://doi.org/10.1007/978-0-387-77408-4>
- Concenco, F. I. G. da R., Gonzales, R. N. de L., Vizzotto, M., y Nora, L. (2018). Manufacturing and Sensorial Acceptance of Cereal Bars Enriched with Flaxseed (*Linum usitatissimum*) Flour. *Journal of Food Research*, 8(1), 1. <https://doi.org/10.5539/jfr.v8n1p1>
- de Carvalho, M. G. (2011). Formulation and sensory acceptance of cereal-bars made with almonds of chichá, sapucaia and gurguéia nuts. *The Open Food Science Journal*, 5(1), 26–30. <https://doi.org/10.2174/1874256401105010026>
- de Souza, A. H. P., Gohara, A. K., Pagamunici, L. M., Visentainer, J. V., de Souza, N. E., y Matsushita, M. (2014). Desenvolvimento, caracterização e análise quimiométrica de granolas isentas de glúten, contendo farinha integral de novas cultivares de pseudocereais. *Acta Scientiarum - Technology*, 36(1), 157–163. <https://doi.org/10.4025/actascitechnol.v36i1.19195>
- Díaz, L., Iria, A. y García, O. (2010). Evaluación fisicoquímica de galletas con inclusión de harina de bleo (*Amaranthus dubius* Mart). *Revista ASA*, 1, 3-19 <https://core.ac.uk/download/pdf/71504756.pdf>
- Di Rubbo, M., Alul, L., Mendoza, M., y Cuellas, A. (2018). Aroma y percepción del sabor de los alimentos. *Ciencia Hoy*, 27(162), 57–60. <https://cienciahoy.org.ar/wp-content/uploads/15-Aroma-y-percepción.pdf>
- Dos Santos, C. M., de Abreu, C. M. P., Freire, J. M., Queiroz, E. de R., y Mendonça, M. M. (2014). Chemical characterization of the flour of peel and seed from two papaya cultivars. *Food Science and Technology*, 34(2), 353–357. <https://doi.org/10.1590/fst.2014.0048>
- Dorsey, B. M., y Jones, M. A. (2017). Healthy components of coffee processing by-products. *Handbook of Coffee Processing By-Products*, 27–62. <https://doi.org/10.1016/b978-0-12-811290-8.00002-5>
- Dotto, J. M., y Abihudi, S. A. (2021). Nutraceutical value of *Carica papaya*: A review. *Scientific African*, 13, e00933. <https://doi.org/10.1016/j.sciaf.2021.e00933>

- Duizer, L. M., y Field, K. (2015). Changes in sensory perception during aging. In modifying food texture. Sensory Analysis, Consumer Requirements and Preferences. *Elsevier Ltd*, 2. <https://doi.org/10.1016/B978-1-78242-334-8.00002-X>
- Dumetz, A. C., Chockla, A. M., Kaler, E. W., y Lenhoff, A. M. (2008). Effects of pH on protein-protein interactions and implications for protein phase behavior. *Biochimica et Biophysica Acta - Proteins and Proteomics*, 1784(4), 600–610. <https://doi.org/10.1016/j.bbapap.2007.12.016>
- Ebrahimi, P., y Lante, A. (2021). Polyphenols: A Comprehensive Review of their Nutritional Properties. *The Open Biotechnology Journal*, 15(1), 164–172. <https://doi.org/10.2174/1874070702115010164>
- Elaveniya, E., & Jayamuthunagai, J. (2014). Functional, Physicochemical and anti-oxidant properties of dehydrated banana blossom powder and its incorporation in biscuits. *International Journal of ChemTech Research*, 6(9), 4446–4454.
- Espinoza de Arenas, L. M., Tarazona Delgado, R., y Silvera, P. C. (2022). *Las leguminosas y su microbioma en la agricultura sostenible*. https://www.researchgate.net/publication/359937122_Leguminosas_proteaginosas_y_ol_eaginosas
- Etienne, A., Génard, M., Lobit, P., Mbéguié-A-Mbéguié, D., y Bugaud, C. (2013). What controls fleshy fruit acidity? A review of malate and citrate accumulation in fruit cells. *Journal of Experimental Botany*, 64(6), 1451–1469. <https://doi.org/10.1093/jxb/ert035>
- Everard, C. D., O’Callaghan, D. J., O’Kennedy, B. T., O’Donnell, C. P., Sheehan, E. M., y Delahunty, C. M. (2007). A three-point bending test for prediction of sensory texture in processed cheese. *Journal of Texture Studies*, 38(4), 438–456. <https://doi.org/10.1111/j.1745-4603.2007.00106.x>
- Faller, A. L. K., y Fialho, E. (2010). Polyphenol content and antioxidant capacity in organic and conventional plant foods. *Journal of Food Composition and Analysis*, 23(6), 561–568. <https://doi.org/10.1016/j.jfca.2010.01.003>
- Fanari, F., Comaposada, J., Boukid, F., Climent, E., Claret Coma, A., Guerrero, L., y Castellari, M. (2023). Enhancing energy bars with microalgae: A study on nutritional, physicochemical and sensory properties. *Journal of Functional Foods*, 109. <https://doi.org/10.1016/j.jff.2023.105768>
- Fathima Zehla, P., Vijayalakshmi, D., Suvarna, V. C., y Yatnatti, S. (2018). Processing of banana blossom and its application in food product. *International Journal of Current*

- Microbiology and Applied Sciences*, 7(08), 1243–1250.
<https://doi.org/10.20546/ijcmas.2018.708.140>
- Ferreira, M. S. L., Santos, M. C. P., Moro, T. M. A., Basto, G. J., Andrade, R. M. S., y Gonçalves, É. C. B. A. (2015). Formulation and characterization of functional foods based on fruit and vegetable residue flour. *Journal of Food Science and Technology*, 52(2), 822–830. <https://doi.org/10.1007/s13197-013-1061-4>
- Ferreira, T. L. C. (2020). Correlating sensory attributes, textural parameters and volatile organic compounds for the assessment of distinctive quality traits of melon and peach fruit cultivars. 1–128. <http://hdl.handle.net/10803/671744>
- Freitas, D. G. C., y Moretti, R. H. (2006). Characterization and sensorial evaluation of functional cereal bar. *Ciencia e Tecnologia de Alimentos*, 26(2), 318–324. <https://doi.org/10.1590/s0101-20612006000200014>
- Flores, C. (2022). Elaboración de galletas dulces con sustitución parcial de harina de trigo con harina de frijol huallaguino y huasca (*Phaseolus vulgaris*) con diferente tamaño de partícula (Tesis de Ingeniero en Industrias Alimentarias, Universidad Nacional Agraria de la Selva). <https://repositorio.unas.edu.pe/items/5b00a226-fc51-485e-91e6-12d6d4e8f37a>
- Folin, O., y Ciocalteu, V. (1927). On tyrosine and tryptophane determinations in proteins. *Journal of Biological Chemistry*, 73(2), 627–650. [https://doi.org/10.1016/s0021-9258\(18\)84277-6](https://doi.org/10.1016/s0021-9258(18)84277-6)
- Gallo, S. G. (2021). Análisis estratégico sobre el sector de snacks dulces y salados en Perú (Tesis para bachiller en Ciencias, Pontificia Universidad Católica del Perú). <https://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/bitstream/handle/20.500.12404/21714>
- Garcia, A., Reis, C., Serpa, J., Viegas, J., Ferreira, M., Ferreira, M., Almeida, S., Nunes, M. C., y Tavares, N. (2018). Physical-sensory evaluation of a cereal bar with quinoa: a preliminary study. *Journal Biomedical and Biopharmaceutical Research*, 15(1), 25–36. <https://doi.org/10.19277/bbr.15.1.171>
- Gill, A., y Meena, G. S. (2020). Formulation of functional energy bars using dairy and non-dairy ingredients: A review. *International Journal of Chemical Studies*, 8(6), 1337–1342. <https://doi.org/10.22271/chemi.2020.v8.i6s.10946>
- Glandia Nutritionals (2023). Global trends in breakfast cereals. <https://www.glanbianutritionals.com/en/nutri-knowledge-center/insights/global-trends-breakfast-cereals>

- Graziele, R., Caroline, C., Vieira, C., Alvaro, H., y Mathias, L. (2024). Enhancement of oat cereal bars with added *Araucaria angustifolia* flour: seed, almond or bark. *Food Technology*, 54(11). <https://doi.org/10.1590/0103-8478cr20230509>
- Haddad, A., D. Della Fontana, F., Guanica, R., and Cristina Goldner, M. (2023). CATA method to obtain additional information for sensory shelf-life: Is it wise to discard terms? *Journal of Human Nutrition and Food Science*, 11(5), 1–4. <https://doi.org/10.47739/2333-6706.nutrition.1177>
- Henenge, P. (2019). Produção e caracterização de biscoitos de pimentas isentos de glúten e lactose (Tesis licenciado em Ingeniería de Alimentos, Universidad Federal de Paraná). <https://acervodigital.ufpr.br/xmlui/bitstream/handle/1884/68734/PAMELA%20HENENGE%20CZARNESKI.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Hernández García, E. I., Blandón Rivera, W. A., Escorcía Rivera, R., y Blandón Navarro, S. L. (2017). Producción de harina de frijoles (*Phaseolus vulgaris*) y evaluación sensorial. *Revista Ciencia y Tecnología El Higo*, 7(1), 11–17. <https://doi.org/10.5377/elhigo.v7i1.8616>
- Hogan, S. A., Chaurin, V., O’Kennedy, B. T., y Kelly, P. M. (2012). Influence of dairy proteins on textural changes in high-protein bars. *International Dairy Journal*, 26(1), 58–65. <https://doi.org/10.1016/j.idairyj.2012.02.006>
- Howgate, P. (2015). A History of the development of sensory methods for the evaluation of freshness of fish. *Journal of Aquatic Food Product Technology*, 24(5), 516–532. <https://doi.org/10.1080/10498850.2013.783897>
- Hughes, J., Vaiciurgis, V., y Grafenauer, S. (2020). Flour for home baking: A cross-sectional analysis of supermarket products emphasising the whole grain opportunity. *Nutrients*, 12(7), 2058. <https://doi.org/10.3390/nu12072058>
- Jain, V., y Gupta, K. (2004). Food and nutritional analysis - overview. In *Encyclopedia of Analytical Science*, 202–211. <https://doi.org/10.1016/B0-12-369397-7/00175-8>
- Jain, R., Mudiam, M. K. R., Ch, R., Chauhan, A., Khan, H. A., y Murthy, R. C. (2013). Ultrasound assisted dispersive liquid-liquid microextraction followed by injector port silylation: A novel method for rapid determination of quinine in urine by GC-MS. *Bioanalysis*, 5 (18), 2277–2286. <https://doi.org/10.4155/bio.13.188>
- Jethwani, P., Kochhar, A., y Javed, M. (2020). Formulation and quality evaluation of antioxidant rich bars enriched with chia seed, whole mango, apple and guava. *Current Research in Nutrition and Food Science*, 8(3), 975–987. <https://doi.org/10.12944/CRNFSJ.8.3.25>

- Jiang, G., Feng, X., Zhao, C., Ameer, K., y Wu, Z. (2022). Development of biscuits supplemented with papaya seed and peel: effects on physicochemical properties, bioactive compounds, in vitro absorption capacities and starch digestibility. *Journal of Food Science and Technology*, 59(4), 1341–1352. <https://doi.org/10.1007/s13197-021-05143-z>
- Jose, M., Himashree, P., Sengar, A. S., y Sunil, C. K. (2022). Valorization of food industry by-product (*Pineapple Pomace*): A study to evaluate its effect on physicochemical and textural properties of developed cookies. *Measurement: Food*, 6, 100031. <https://doi.org/10.1016/j.meafoo.2022.100031>
- Kajala, I., Shi, Q., Nyssölä, A., Maina, N. H., Hou, Y., Katina, K., Tenkanen, M., y Juvonen, R. (2015). Cloning and characterization of a *Weissella confusa* Dextranase and its application in high fibre baking. *PLOS ONE*, 10(1), e0116418. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0116418>
- Kaur, R., Ahluwalia, P., Sachdev, P. A., y Kaur, A. (2018). Development of gluten-free cereal bar for gluten intolerant population by using quinoa as major ingredient. *Journal of Food Science and Technology*, 55(9), 3584–3591. <https://doi.org/10.1007/s13197-018-3284-x>
- Khanpit, V. V., Tajane, S. P., y Mandavgane, S. A. (2023). Orange waste peel to high value soluble dietary fiber concentrate: comparison of conversion methods and their environmental impact. *Biomass Conversion and Biorefinery*, 13(16), 14413–14423. <https://doi.org/10.1007/s13399-022-02481-6>
- Kim, E. H.-J., Corrigan, V. K., Hedderley, D. I., Motoi, L., Wilson, A. J., y Morgenstern, M. P. (2009). Predicting the sensory texture of cereal snack bars using instrumental measurements. *Journal of Texture Studies*, 40(4), 457–481. <https://doi.org/10.1111/j.1745-4603.2009.00192.x>
- King, J., Leong, S. Y., Alpos, M., Johnson, C., McLeod, S., Peng, M., Sutton, K., y Oey, I. (2024). Role of food processing and incorporating legumes in food products to increase protein intake and enhance satiety. *Trends in Food Science and Technology*, 147. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2024.104466>
- Kitzberger, C. S. G., Scholz, M. B. dos S., da Silva, J. B. G. D., Benassi, M. de T., y Pereira, L. F. P. (2016). Free choice profiling sensory analysis to discriminate coffees. *AIMS Agriculture and Food*, 1(4), 455–469. <https://doi.org/10.3934/agrfood.2016.4.455>
- Klerks, M., Román, S., Verkerk, R., y Sanchez-Siles, L. (2022). Are cereal bars significantly healthier and more natural than chocolate bars? A preliminary assessment in the German

- market. *Journal of Functional Foods*, 89, 104940. <https://doi.org/10.1016/j.jff.2022.104940>
- Kosicka-Gębska, M., Jeżewska-Zychowicz, M., Gębski, J., Sajdakowska, M., Niewiadomska, K., y Nicewicz, R. (2022). Consumer motives for choosing fruit and cereal bars—differences due to consumer lifestyles, attitudes toward the product, and expectations. *Nutrients*, 14(13), 2710. <https://doi.org/10.3390/nu14132710>
- Kowalska, H., Kowalska, J., Ignaczak, A., Masiarz, E., Domian, E., Galus, S., Ciurzyńska, A., Salamon, A., Zając, A., y Marzec, A. (2021). Development of a high-fibre multigrain bar technology with the addition of curly kale. *Molecules*, 26(13), 1–20. <https://doi.org/10.3390/molecules26133939>
- Kurniawan, A., Permadi, A., y Purnomo, A. H. (2020). Optimum proportion of Indian scad (*Decapterus Russelli*) protein concentrate in traditional food cake designated for undernourished children diet. *Russian Journal of Agricultural and Socio-Economic Sciences*, 99(3), 170–183. <https://doi.org/10.18551/rjoas.2020-03.19>
- Lau, B. F., Kong, K. W., Leong, K. H., Sun, J., He, X., Wang, Z., Mustafa, M. R., Ling, T. C., y Ismail, A. (2020). Banana inflorescence: Its bio-prospects as an ingredient for functional foods. *Trends in Food Science and Technology*, 97, 14–28. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2019.12.023>
- Lauková, M., Kohajdová, Z., Karovičová, J., Jurasová, M., y Kukurová, K. (2011). Effect of the addition of commercial apple fibre powder on the baking and sensory properties of cookies. *Acta Chimica Slovaca*, 4(2), 88–97. <https://www.researchgate.net/publication/312595031>
- Li, Y., Sun, Y., Zhong, M., Xie, F., Wang, H., Li, L., Qi, B., y Zhang, S. (2020). Digestibility, textural and sensory characteristics of cookies made from residues of enzyme-assisted aqueous extraction of soybeans. *Scientific Reports*, 10(1), 1–8. <https://doi.org/10.1038/s41598-020-61179-9>
- M’hir, S., Ziadi, M., Mejri, A., y Ayed, L. (2023). Mixture of whey-milk and palm sap for novel kefir beverage using simplex-centroid mixture design. *Kuwait Journal of Science*, 50(4), 690–696. <https://doi.org/10.1016/j.kjs.2023.04.008>
- Mahieu, B., Visalli, M., Thomas, A., y Schlich, P. (2020). Free-comment outperformed check-all-that-apply in the sensory characterization of wines with consumers at home. *Food Quality and Preference*, 84, 103937. <https://doi.org/10.1016/j.foodqual.2020.103937>

- Mahieu, B. (2021). Sensory analysis with consumers using Free-Comment: analyses, performances and extensions (Tesis de doctorado en Ciencias de la Alimentación, Universidad Borgoña-Franco Condado). <https://theses.hal.science/tel-03699728>
- Maia, L. C., Nano, R. M. W., Santos, W. P. C. dos, de Oliveira, F. S., Barros, C. O., y de Souza Miranda, K. E. (2021). Evaluation of the nutritional quality of cereal bars made with pulse flours using desirability functions. *Food Science and Technology International*, 27(8), 702–711. <https://doi.org/10.1177/1082013220983080>
- Marques, T. R., Corrêa, A. D., de Carvalho Alves, A. P., Simão, A. A., Pinheiro, A. C. M., y de Oliveira Ramos, V. (2015). Cereal bars enriched with antioxidant substances and rich in fiber, prepared with flours of acerola residues. *Journal of Food Science and Technology*, 52(8), 5084–5092. <https://doi.org/10.1007/s13197-014-1585-2>
- Marques, C., Correia, E., Dinis, L. T., y Vilela, A. (2022). An overview of sensory characterization techniques: From classical descriptive analysis to the emergence of novel profiling methods. *Foods*, 11(3). <https://doi.org/10.3390/foods11030255>
- Martínez-Ramos, T., Benedito-Fort, J., Watson, N. J., Ruiz-López, I. I., Che-Galicia, G., y Corona-Jiménez, E. (2020). Effect of solvent composition and its interaction with ultrasonic energy on the ultrasound-assisted extraction of phenolic compounds from Mango peels (*Mangifera indica* L.). *Food and Bioproducts Processing*, 122, 41–54. <https://doi.org/10.1016/j.fbp.2020.03.011>
- Maseko, K. H., Regnier, T., Meiring, B., Wokadala, O. C., y Anyasi, T. A. (2024). Musa species variation, production, and the application of its processed flour: A review. *Scientia Horticulturae*, 325. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2023.112688>
- Mate, AB., Kotecha, PM., Patil, MR., Titkare, AG. & Chavan, UD. (2021). Studies on utilization of papaya peel powder in the preparation of cookies. *The Pharma Innovation Journal*, 10(12), 550-553.
- Maugeri, A., Barchitta, M., Favara, G., La Mastra, C., La Rosa, M. C., Magnano San Lio, R., y Agodi, A. (2023). The application of clustering on principal components for nutritional epidemiology: A workflow to derive dietary patterns. *Nutrients*, 15(1). <https://doi.org/10.3390/nu15010195>
- Maurya, P. K. (2013). Animal biotechnology as a tool to understand and fight aging. *Animal Biotechnology*, 235-250. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-416002-6.00010-9>
- Meilgaard, M. C., Civille, G. V. & Carr, B. T. (2007). Sensory evaluation techniques, *Fourth Edition*.

- Megala, P., & Hymavathi, T. V. (2011). Inulin and Fructooligosaccharides Incorporated Functional Fruit Bars. *International Journal of Biological, Biomolecular, Agricultural, Food and Biotechnological Engineering*, 5(11), 658–663.
- Mendes, N. da S. R., Gomes-Ruffi, C. R., Lage, M. E., Becker, F. S., de Melo, A. A. M., da Silva, F. A., y Damiani, C. (2013). Oxidative stability of cereal bars made with fruit peels and baru nuts packaged in different types of packaging. *Food Science and Technology*, 33(4), 730–736. <https://doi.org/10.1590/S0101-20612013000400019>
- Meyners, M. (2016). Testing for differences between impact of attributes in penalty-lift analysis. *Food Quality and Preference*, 47(September), 29–33. <https://doi.org/10.1016/j.foodqual.2014.11.001>
- Mohsenzadeh, M., Tabibian, S., Pourreza, H., y Golzarian, M. (2017). Sensory evaluation of the color of mutton by computer vision system. *Iranian Journal of Veterinary Science and Technology*, 9(2), 57–63. <https://doi.org/10.22067/veterinary.v9i2.63673>
- Mridula, D., Singh, K. K., y Barnwal, P. (2013). Development of omega-3 rich energy bar with flaxseed. *Journal of Food Science and Technology*, 50(5), 950–957. <https://doi.org/10.1007/s13197-011-0425-x>
- Munhoz, C. L., Guimarães, R. de C. A., Nozaki, V. T., Sanjinez Argandoña, E. J., Hiane, P. A., y Macedo, M. L. R. (2014). Elaboração de barra de cereal de bocaiuva: Avaliação física, nutricional, microbiológica e sensorial. *Acta Scientiarum - Technology*, 36(3), 553–560. <https://doi.org/10.4025/actascitechnol.v36i3.18561>
- Muniz, C. E. S., Santiago, Â. M., Gusmão, T. A. S., Oliveira, H. M. L., Conrado, L. de S., y Gusmão, R. P. de. (2020). Solid-state fermentation for single-cell protein enrichment of guava and cashew by-products and inclusion on cereal bars. *Biocatalysis and Agricultural Biotechnology*, 25, 101576. <https://doi.org/10.1016/j.bcab.2020.101576>
- Oladunjoye, A. O., y Alade, A. E. (2024). The addition of tiger nut by-product improved the physical, nutritional and safety quality of gluten-free cookies. *Food Chemistry Advances*, 4, 100626. <https://doi.org/10.1016/j.focha.2024.100626>
- Oliveira, A. M. C. de, Melo Neto, B., Rocha, M. de M., Silva, M. R. da, y Oliveira, M. R. de. (2021). Produção de alimentos na base do feijão-caupi (*Vigna unguiculata*): importância nutricional e benefícios para a saúde. *Research, Society and Development*, 10(14), e56101416054. <https://doi.org/10.33448/rsd-v10i14.16054>
- Oomah, B. D., Ward, S., y Balasubramanian, P. (2010). Dehulling and selected physical characteristics of Canadian dry bean (*Phaseolus vulgaris* L.) cultivars. *Food Research International*, 43(5), 1410–1415. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2010.04.007>

- Orrego, C. E., Salgado, N., y Botero, C. A. (2014). Developments and trends in fruit bar production and characterization. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 54(1), 84–97. <https://doi.org/10.1080/10408398.2011.571798>
- Pallavi, B. V., Chetana, R., Ravi, R., y Reddy, S. Y. (2013). Moisture sorption curves of fruit and nut cereal bar prepared with sugar and sugar substitutes. *Journal of Food Science and Technology*, 52(3), 1663–1669. <https://doi.org/10.1007/s13197-013-1101-0>
- Pareek, S. (2016). Nutritional and biochemical composition of banana (*Musa spp.*) cultivars. *Nutritional Composition of Fruit Cultivars*, 49–81. <https://doi.org/10.1016/b978-0-12-408117-8.00003-9>
- Pereira, A., y Maraschin, M. (2015). Banana (*Musa spp*) from peel to pulp: Ethnopharmacology, source of bioactive compounds and its relevance for human health. *Journal of Ethnopharmacology*, 160, 149–163. <https://doi.org/10.1016/j.jep.2014.11.008>
- Pereira, P. A. P., de Souza, V. R., Schiassi, M. C. E. V., Dias, A. C. C., Queiroz, F., Pinheiro, A. C. M., Borges, S. V., y Cirillo, M. Â. (2021). The influence of sensory attributes on overall liking by a gamma regression model: An analysis of cerrado mixed fruits jams. *Food Science and Technology*, 41(3), 702–707. <https://doi.org/10.1590/fst.17920>
- Pimentel, T. C., Gomes da Cruz, A., y Deliza, R. (2015). Sensory evaluation: Sensory rating and scoring methods. *Encyclopedia of Food and Health*, 744–749. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-384947-2.00617-6>
- Phinyo, M., Sangarun, P., Wangkahart, E., y Sujipuri, K. (2024). Effects of banana flower powder (*Musa sp.*) supplementation on growth performance, whole body composition, antioxidant and immune responses, gene expression and liver histology in Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*). *Animal Feed Science and Technology*, 308, 115882. <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2024.115882>
- Presenza, L., Fabrício, L. F. de F., Galvão, J. A., y Vieira, T. M. F. de S. (2022). Simplex-centroid mixture design as a tool to evaluate the effect of added flours for optimizing the formulation of native Brazilian freshwater fish burger. *Lwt*, 156, 113008. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2021.113008>
- Principal, A., Ottombrino, A., Picariello, A., Oliviero, A., y Rossi, M. (2022). Formulation of a sugar-free cereal-based bar with improved nutritional value: Biological and sensory analysis. Bulletin of University of Agricultural Sciences and Veterinary Medicine Cluj-Napoca. *Food Science and Technology*, 78(2), 67–73. <https://doi.org/10.15835/buasvmcn-fst:2021.0018>

- Raczyk, M., Siger, A., Radziejewska-Kubzdela, E., Ratusz, K., y Rudzińska, M. (2017). Roasting pumpkin seeds and changes in the composition and oxidative stability of cold-pressed oils. *Acta Scientiarum Polonorum Technologia Alimentaria*, 16(3), 293–301. <https://doi.org/10.17306/j.afs.0494>
- Ramírez-Jiménez, A. K., Gaytán-Martínez, M., Morales-Sánchez, E., y Loarca-Piña, G. (2018). Functional properties and sensory value of snack bars added with common bean flour as a source of bioactive compounds. *Lwt*, 89, 674–680. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2017.11.043>
- Ramos, R. de O., Pertuzatti, P. B., Gomes, I. M., Santana Jr., M. B., Brito, R. de M., Tussolini, M., Miguel, T. B., y Tussolini, L. (2020). Chemical and antioxidant characterization, sensory and shelf-life analysis of cereal bars with almonds from pequi (*Caryocar brasiliense* Camb.). *Food Science and Technology*, 41, 368–374. <https://doi.org/https://doi.org/10.1590/fst.29218>
- Re, R., Pellegrini, N., Proteggente, A., Pannala, A., Yang, M., y Rice-Evans, C. (1999). Antioxidant activity applying an improved ABTS radical cation decolorization assay. *Free Radical Biology and Medicine*, 26(9–10), 1231–1237. [https://doi.org/10.1016/s0891-5849\(98\)00315-3](https://doi.org/10.1016/s0891-5849(98)00315-3).
- Ribeiro, J. C., Santos, C., Lima, R. C., Pintado, M. E., y Cunha, L. M. (2022). Impact of defatting and drying methods on the overall liking and sensory profile of a cereal bar incorporating edible insect species. *Future Foods*, 6, 100190. <https://doi.org/10.1016/j.fufo.2022.100190>
- Reátegui, R. (2018). Efecto del número de ramas de higuierilla (*Ricinus communis*) como soporte en la producción de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) variedad huasca poroto (Tesis de Ingeniero Agrónomo, Universidad Nacional de San Martín-Tarapoto). <https://tesis.unsm.edu.pe/bitstream/11458/3031/1>
- Roa-acosta, D. F., Estefanía, G., y Nieto-calvache, J. E. (2024). Cacay seed cake flour and papaya dietary fiber concentrates as nutritional supplement and quality improvers for gluten-free breads. *NFS Journal*, 36. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.nfs.2024.100188>
- Roberto, B. S., Silva, L. P., Macagnan, F. T., Bizzani, M., y Bender, A. B. B. (2015). Qualidade nutricional e aceitabilidade de barras de cereais formuladas com casca e semente de goiaba. *Revista Do Instituto Adolfo Lutz*, 74(1), 39–48. <https://doi.org/10.53393/rial.2015.v74.33384>

- Ryland, D., Vaisey-Genser, M., Arntfield, S. D., y Malcolmson, L. J. (2010). Development of a nutritious acceptable snack bar using micronized flaked lentils. *Food Research International*, 43(2), 642–649. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2009.07.032>
- Sadowska-Bartosz, I., y Bartosz, G. (2022). Evaluation of the antioxidant capacity of food products: Methods, applications and limitations. *Processes*, 10(10), 1–23. <https://doi.org/10.3390/pr10102031>
- Safvi, A. F., Ahmad, A., Younis, K., y Yousuf, O. (2023). Development of energy bar by adding underutilized Chironji (*Buchanania lanzan*) seeds. *Food and Humanity*, 1, 44–50. <https://doi.org/10.1016/j.foohum.2023.04.003>
- Salazar-Duque, D. A. (2019). Aplicabilidad de cuestionarios aplicados a pruebas sensoriales gastronómicas orientados al producto y al consumidor. *INNOVA Research Journal*, 4(3), 116–130. <https://doi.org/10.33890/innova.v4.n3.2019.970>
- Samakradhamrongthai, R. S., Jannu, T., y Renaldi, G. (2021). Physicochemical properties and sensory evaluation of high-energy cereal bar and its consumer acceptability. *Heliyon*, 7(8), e07776. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2021.e07776>
- Santos, I. de S., Barros, V.C., Hunaldo, V. K. L., Santos, L. H. dos, y de Freitas, A. C. (2022). Development and analysis of cereal bar based on passion fruit shell flour. 1–11. <https://doi.org/10.21203/rs.3.rs-1738647/v1>
- Samuel, K. S., y Peerkhan, N. (2020). Pearl millet protein bar: nutritional, organoleptic, textural characterization, and in-vitro protein and starch digestibility. *Journal of Food Science and Technology*, 57(9), 3467–3473. <https://doi.org/10.1007/s13197-020-04381-x>
- Sarker, S., Das Shuvo, S., Takey, A., Al, R., and Zubair, M. A. (2022). Determination of proximate composition, antioxidant activity, vitamin c, total phenolic and flavonoid content of banana blossom powder for optimization of its use. *Annals. Food Science and Technology*, 23(2), 299–304. www.afst.valahia.ro
- Schober, P., y Schwarte, L. A. (2018). Correlation coefficients: Appropriate use and interpretation. *Anesthesia and Analgesia*, 126(5), 1763–1768. <https://doi.org/10.1213/ANE.00000000000002864>
- Shah, F., Sharif, M. K., Butt, M. S., y Shahid, M. (2016). Development of protein, dietary fiber, and micronutrient enriched extruded corn snacks. *Journal of Texture Studies*, 48(3), 221–230. Portico. <https://doi.org/10.1111/jtxs.12231>
- Sharan, S., Zanghelini, G., Zotzel, J., Bonerz, D., Aschoff, J., Saint-Eve, A., y Maillard, M. N. (2021). Fava bean (*Vicia faba* L.) for food applications: From seed to ingredient processing and its effect on functional properties, antinutritional factors, flavor, and color.

- Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 20(1), 401–428.
<https://doi.org/10.1111/1541-4337.12687>
- Sharma, C., Kaur, A., Aggarwal, P., & Singh, B. (2014). Cereal bars - A healthful choice a review. *Carpathian Journal of Food Science and Technology*, 6(2), 29–36.
- She, Z., Zhao, Q., Hou, D., Wang, J., Lan, T., Sun, X., y Ma, T. (2024). Partial substitution of wheat flour with kiwi starch: Rheology, microstructure changes in dough and the quality properties of bread. *Food Chemistry: X*, 23, 101614.
<https://doi.org/10.1016/j.fochx.2024.101614>
- Shiu, J. W., Slaughter, D. C., Boyden, L. E., y Barrett, D. M. (2015). Effect of the shear-to-compressive force ratio in puncture tests quantifying watermelon mechanical properties. *Journal of Food Engineering*, 150, 125–131.
<https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2014.11.007>
- Shourideh, M., Taslimi, A., Azizi, M., y Mohammadifar, M. (2012). Effects of D-Tagatose and inulin on some physicochemical, rheological and sensory properties of dark chocolate. *International Journal of Bioscience, Biochemistry and Bioinformatics*, 2(5), 314–319.
<https://doi.org/10.7763/ijbbb.2012.v2.124>
- Siche, R., Aredo, V., Velásquez, L., y Castillo, I. (2016). El Diseño Simplex-Centroide y la función de deseabilidad en la optimización de la aceptabilidad sensorial de pan dulce enriquecido con *Chenopodium quinoa*. *Enfoque UTE*, 7(3), 70–81.
<https://doi.org/10.29019/enfoqueute.v7n3.106>
- Silva, L. A. A. da, Norões, A. R. L., Soares, T. da C., Cavalcante, R. M. S., y Medeiros, S. R. A. (2019). Desenvolvimento de barra de cereais fortificada com adição dos vegetais: cenoura (*Daucus carota* L.) e beterraba (*Beta vulgaris* L.). *Research, Society and Development*, 8(1), e2681598. <https://doi.org/10.33448/rsd-v8i1.598>
- Silva, I. Q., Oliveira, B. C., Lopes, A. S., & Pena, R. S. (2009). Obtenção de barra de cereais adicionada do resíduo industrial de maracujá. *Alimentos e Nutrição*, 20(2), 321–329.
- Silva Carvalho, V., y Conti-Silva, A. C. (2018). Storage study of cereal bars formulated with banana peel flour. *Nutrition and Food Science*, 48(3), 386–396.
<https://doi.org/10.1108/nfs-09-2017-0193>
- Silva, M. M., Reboredo, F. H., y Lidon, F. C. (2022). Food colour additives: A synoptical overview on their chemical properties, applications in food products and health side effects. *Foods*, 11(3). <https://doi.org/10.3390/foods11030379>

- Singh, S. P., y Sudhakar Rao, D. V. (2011). *Papaya (Carica papaya L.). Postharvest Biology and Technology of Tropical and Subtropical Fruits*, 4. Woodhead Publishing Limited. <https://doi.org/10.1533/9780857092618.86>
- Sipos, L., Nyitrai, Á., Hitka, G., Friedrich, L. F., y Kókai, Z. (2021). Sensory panel performance evaluation—comprehensive review of practical approaches. *Applied Sciences*, 11(24), 11977. <https://doi.org/10.3390/app112411977>
- Škrobot, D. J., Tomić, J. M., Dapčević Hadnađev, T. R., Novaković, A. R., Hadnađev, M. S., Delić, J. D., y Mandra, M. J. (2020). Flash profile as a rapid descriptive analysis in sensory characterization of traditional dry fermented sausages. *Food and Feed Research*, 47(1), 55–63. <https://doi.org/10.5937/FFR2001055S>
- Sommo, M., de Aguiar, L. A., Raposo, A., Saraiva, A., Teixeira-Lemos, E., Chaves, C., y Romão, B. (2024). Development and rapid sensory descriptive characterization of cereal bars made with Brazilian licuri nut (*Syagrus coronata*). *Foods*, 13(3), 1–13. <https://doi.org/10.3390/foods13030502>
- Souiy, Z., Zakhama, N., Cheraief, I., y Hammami, M. (2022). Nutritional, physical, microbial, and sensory characteristics of gluten-and sugar-free cereal bar enriched with spirulina and flavored with neroli essential oil. *Lwt*, 169, 113955. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2022.113955>
- Stratil, P., Klejdus, B., y Kubáň, V. (2007). Determination of phenolic compounds and their antioxidant activity in fruits and cereals. *Talanta*, 71(4), 1741–1751. <https://doi.org/10.1016/j.talanta.2006.08.012>
- Sun-Waterhouse, D., Teoh, A., Massarotto, C., Wibisono, R., y Wadhwa, S. (2010). Comparative analysis of fruit-based functional snack bars. *Food Chemistry*, 119(4), 1369–1379. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2009.09.016>
- Srebernich, S. M., Gonçalves, G. M. S., Ormenese, R. de C. S. C., y Ruffi, C. R. G. (2016). Physico-chemical, sensory and nutritional characteristics of cereal bars with addition of acacia gum, inulin and sorbitol. *Food Science and Technology (Brazil)*, 36(3), 555–562. <https://doi.org/10.1590/1678-457X.05416>
- Svetlana Aleksejeva, Inese Sikсна, y Signe Rinkule. (2017). Composition of cereal bars. *J. of Health Science*, 5(3). <https://doi.org/10.17265/2328-7136/2017.03.004>
- Szydłowska, A., Zielińska, D., Trzaskowska, M., Neffe-Skocińska, K., Łepecka, A., Okoń, A., y Kołożyn-Krajewska, D. (2022). Development of ready-to-eat organic protein snack bars: Assessment of selected changes of physicochemical quality parameters and

- antioxidant activity changes during storage. *Foods*, 11(22). <https://doi.org/10.3390/foods11223631>
- Takeuchi, K. P., Sabadini, E., y Cunha, R. L. da. (2005). Análise das propriedades mecânicas de cereais matinais com diferentes fontes de amido durante o processo de absorção de leite. *Ciência e Tecnologia de Alimentos*, 25(1), 78–85. <https://doi.org/10.1590/s0101-20612005000100013>
- Tańska, M., Roszkowska, B., Czaplicki, S., Borowska, E. J., Bojarska, J., y Dąbrowska, A. (2016). Effect of fruit pomace addition on shortbread cookies to improve their physical and nutritional values. *Plant Foods for Human Nutrition*, 71(3), 307–313. <https://doi.org/10.1007/s11130-016-0561-6>
- Tasnim, T., Das, P. C., Begum, A. A., Nupur, A. H., y Mazumder, M. A. R. (2020). Nutritional, textural and sensory quality of plain cake enriched with rice rinsed water treated banana blossom flour. *Journal of Agriculture and Food Research*, 2, 100071. <https://doi.org/10.1016/j.jafr.2020.100071>
- Teles, A. S. C., Chávez, D. W. H., Oliveira, R. A., Bon, E. P. S., Terzi, S. C., Souza, E. F., Gottschalk, L. M. F., y Tonon, R. V. (2019). Use of grape pomace for the production of hydrolytic enzymes by solid-state fermentation and recovery of its bioactive compounds. *Food Research International*, 120, 441–448. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2018.10.083>
- Vatthanakul, S., Jangchud, A., Jangchud, K., Therdtai, N., y Wilkinson, B. (2010). Gold kiwi fruit leather product development using quality function deployment approach. *Food Quality and Preference*, 21(3), 339–345. <https://doi.org/10.1016/j.foodqual.2009.06.002>
- Vaughan, E., Spyreli, E., McKinley, M., Hennessy, M., Woodside, J., y Kelly, C. (2024). Exploring the world of food with families: Perspectives of low-income families on factors influencing their food choices. *Public Health Nutrition*, 27(1). <https://doi.org/10.1017/S136898002400020X>
- Vinhal, G. L. R. R., Ribeiro Sanches, M. A., Barcia, M. T., Rodrigues, D., y Pertuzatti, P. B. (2022). Murici (*Byrsonima verbascifolia*): A high bioactive potential fruit for application in cereal bars. *Lwt*, 160, 113279. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2022.113279>
- Voysest, O. (2000). Mejoramiento genético del frijol (*Phaseolus vulgaris* L.): legado de variedades de América Latina. *Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT)*, Cali, Colombia. 195 p.
- Vuksanovic, N., Tesanovic, D., Kalenjuk, B., Portic, M., y Knezevic, M. (2017). Socio-demographic characteristics as determinants of differences in perception of local

- gastronomy. *Ekonomika Poljoprivrede*, 64(1), 359–373.
<https://doi.org/10.5937/ekopolj1701359v>
- Wainaina, I., Wafula, E., Sila, D., Kyomugasho, C., Grauwet, T., Van Loey, A., y Hendrickx, M. (2021). Thermal treatment of common beans (*Phaseolus vulgaris* L.): Factors determining cooking time and its consequences for sensory and nutritional quality. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 20(4), 3690–3718.
<https://doi.org/10.1111/1541-4337.12770>
- Wickramarachchi, K. S., y Ranamukhaarachchi, S. L. (2005). Preservation of fiber-rich banana blossom as a dehydrated vegetable. *Science Asia*, 31(3), 265–271.
<https://doi.org/10.2306/scienceasia1513-1874.2005.31.265>
- Yadav, A. K., y Singh, S. V. (2014). Osmotic dehydration of fruits and vegetables: a review. *Journal of Food Science and Technology*, 51(9), 1654–1673.
<https://doi.org/10.1007/s13197-012-0659-2>
- Yahagi, L. Y., Yahagi, S. S., Assis, L. S., Vieira, M. do C., y Argandona, E. J. S. (2024). Barra de cereal com adição de *Alibertia edulis* L. *Contribuciones a Las Ciencias Sociales*, 17(1), 7431–7449. <https://doi.org/10.55905/revconv.17n.1-448>
- Yang, Q. Q., Gan, R. Y., Ge, Y. Y., Zhang, D., y Corke, H. (2018). Polyphenols in common beans (*Phaseolus vulgaris* L.): Chemistry, analysis, and factors affecting composition. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 17(6), 1518–1539.
<https://doi.org/10.1111/1541-4337.12391>
- Yang, L., Wang, S., Zhang, H., Du, C., Li, S., y Yang, J. (2022). Effects of black soy bean powder particle size on the characteristics of mixed powder and wheat flour dough. *Lwt*, 167, 113834. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2022.113834>
- Yaqoob, M., Shaikh, S., y Kumar, A. (2019). Importance in dietary fiber in food: a review. *International Journal of Research and Analytical Reviews (IJRAR)*, 6(1), 810–817.
<https://www.researchgate.net/publication/350846005>
- Yousefi, A., Niakousari, M., y Moradi, M. (2013). Microwave assisted hot air drying of papaya (*Carica papaya* L.) pretreated in osmotic solution. *African Journal of Agricultural Research*, 8(25), 3229–3235. <https://doi.org/10.5897/AJAR12.180>
- Zadka, K., Pałkowska-Goździk, E., y Rosołowska-Huszcz, D. (2019). Family factors associated with selected childhood nutrition aspects in central Poland. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 16(4).
<https://doi.org/10.3390/ijerph16040541>

ANEXOS

Anexo-I. Ficha sensorial de aceptabilidad para barras nutricionales elaboradas con flor de plátano, frijol Huallaguino y cáscara de papaya.

Ficha de evaluación sensorial

Nombre:

Fecha:

- 1. Término de consentimiento:** Marque con una X si acepta o no realizar la prueba sensorial.

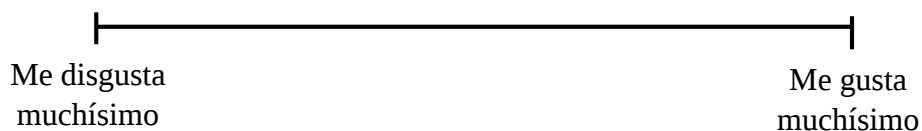
☐ **Acepto**

☐ **No acepto**

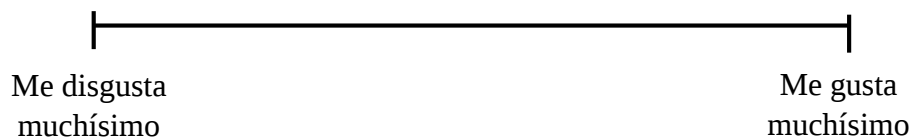
- 2. Instrucciones:** Pruebe la barra nutricional, y evalúe sensorialmente respecto al atributo textura, color, aroma, sabor y apariencia general con la escala hedónica no estructurada (me disgusta muchísimo – me gusta muchísimo), colocando una recta vertical según su grado de preferencia.

Código de muestra:

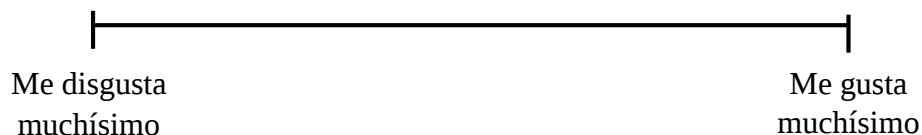
TEXTURA:



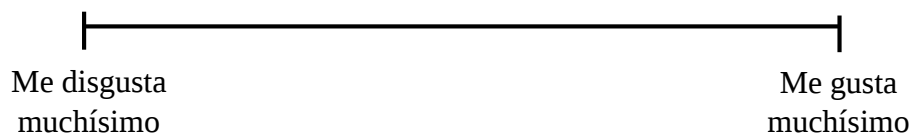
COLOR:



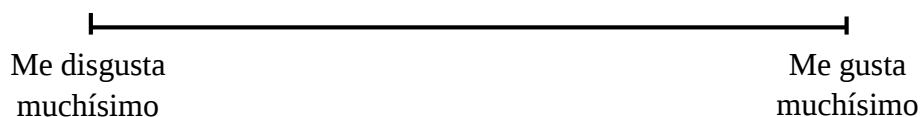
AROMA:



SABOR:



APARIENCIA GENERAL:



Anexo-II. Ficha CATA para la selección de términos de barras nutricionales con flor de plátano, frijol Huallaguino y cáscara de papaya.

Ficha CATA

Barras Nutricionales

Nombre:

Instrucciones: Probar la muestra de barras nutricionales y escribir una lista de características que usted cree conveniente a la muestra en cuanto a los atributos presentados.

Código de muestra:

Textura	Color	Aroma	Sabor	Apariencia general

Anexo IIIa. Tabla de descriptores de barras nutricionales (T1 y T2) encontrados mediante la ficha CATA.

Muestra	Descriptores				
	Textura	Color	Aroma	Sabor	Apariencia general
T1 (testigo)	Blanda	Crema dorado	Miel	Dulce fuerte	Uniforme
	Semi seco	Dorado claro	Avena	Cereal	Brilloso
	Poco cohesivo	Miel	Cereales	Miel	Equilibrado
	Granuloso	Amarillo	Zapallo	Dulce	Ligero
	Crujiente	Muy claro	Imperceptible	Semillas	Atractivo
	Homogénea	Claro	Dulce	Quinoa	Muy pegadas
	Crocante	Pálido	Madera seca	Avena	Estable
	Seco	Miel	Frutos secos	Dulce ligero	Atractivo
	Frágil	Dorado claro	Cereales	Rancio	Muy grande
	Ligero	Crema intenso	Caramelo	Avena	
	Fracturable	Pálido	Chancaca	Salado	
	Pegajoso débil		Rancio	Dulce ligero	
T2 (15 % HFP, 3 % HFH y 12 % CP)	Crocante moderado			Dulce suave	
	Pegajoso	Marrón oscuro	Suave	Avena	Galleta integral
	Chicloso	Vainilla	Polen	Regusto ligero	Granos pequeños
	Muy fibroso	Marrón	Avena	Dulce débil	Poco compacto
	Blando	Marrón pecososo	Dulce	Dulce floral	Poco uniforme
	Fibroso	Marrón claro	Frutos secos	Miel	Pastoso
	Húmedo	Oscuro	Cereales	Poco picante	Fibroso
	Semi duro	Oscuro fuerte	Flores	Dulce	Poco atractivo
	Chicloso		Panela	Maní	Granolas
	Suave		Algarrobina	Pasas	
	Semi duro		Caramelo	Plátano	
			Pan integral	Picante	
			Fruto seco	Amargo ligero	
				Dulce débil	

Anexo IIIb. Tabla de descriptores de barras nutricionales (T5 y T7) encontrados mediante la ficha CATA.

Muestra	Descriptores				
	Textura	Color	Aroma	Sabor	Apariencia general
T5 (12 % HFP, 15 % HFH y 3 % CP)	Crujiente	Marrón claro	Pasto seco	Pasto	Agradable
	Duro	Chocolate	Dulce ligero	Legumbres	Opaco
	Liso	Muy oscuro	Cereales	Terroso	Galleta
	Crocante	Marrón claro	Dulce	Higos	Uniforme
	Firme	Marrón oscuro	Avena	Dulce débil	Firme
	Frágil	Marrón intenso	Flor	Dulce	Buena
	Arenoso	Muy oscuro	Cítrico	Avena	Partículas pequeñas
	Muy duro	Marrón oscuro	Frutos secos	Maní	Compacta
	Muy seco	con pecas	Maní	Amargo	
	Galleta		Pan integral	Salado ligero	
			Polen	Frijol	
				Caramelo	
				Chancaca	
				Frutas	
				Plátano	
				Frutos secos	
T7 (3 % HFP, 12 % HFH y 15 % CP)	Crocante	Marrón	Débil	Frutos secos	Aceptable
	Adhesiva	Marrón opaco	Nueces	Suave	No homogéneo
	Recubre la boca	Oscuro moderado	Frutos secos	Almendras	Partículas de frutas
	Cohesivo	Marrón claro	Cítrico ligero	Regusto	No uniforme
	Fibroso	Chancaca	Miel	Dulce	Grumoso
	Blando	Oscuro débil	Avena	Miel	Rústico aceptable
	Gomoso	Oscuro	Frutos secos	Avena	Compacto
	Rugosa		Caramelo	Maní	Quebradizo
	Muy fuerte		Higos	Chancaca	Frutos secos
	Húmedo		Papaya	Dulce ligero	
	Chiclosa			Papaya	
	Poco crocante			Polen	
	Fácil de romper			Quemado	
	Pegajoso				
	Grumoso				
	Áspero				
	Quebradizo				

Anexo IIIc. Tabla de descriptores de barras nutricionales (T9) encontrados mediante la ficha CATA.

Muestra	Descriptores				
	Textura	Color	Aroma	Sabor	Apariencia general
T 9 (10 % HFP, 10 % HFH y 10 % CP)	Fibroso	Marrón con manchas	Frutos secos	Dulce ligero	Poca Uniformidad
	Poco blanda	Naranja	Caramelo	Afrutado	Agujerosa
	Grumoso	Marrón claro	Semillas	Legumbres	Granos grandes
	Granuloso	Oscuro	Floral	Dulce ligero	Partículas groseras
	Crujiente	Marrón oscuro	Cítrico	Rancio	Agradable
	Muy cohesivo	Oscuro moderado	Azúcar	Miel	No uniforme
	Poco pegajoso	Pecoso	Frutas	Fruto seco	Atractivo
	Arenoso		Rancio	Avena	Quebradizo
	Rugoso		Frutos secos	Maní	
	Quebradizo		Dulce	Caramelo	
	Chicloso		Cereales	Papaya	
	Poco crocante		Harinas	Plátano	
	Crocante		Frutos secos	Muy dulce	
				Salado	
	Arenoso		Pan integral	ligero	
	Poco duro			Dulce débil	
				Restos de maní	
	Seco ligero				
	Chicloso				
	Duro débil				
	Poco blando				

Anexo-IV. Ficha sensorial de la prueba marque todo lo que corresponda (CATA), para barras nutricionales elaboradas con flor de plátano, frijol huallaguino y cáscara de papaya.

Ficha de evaluación sensorial CATA

Nombre:

Fecha:

Instrucciones: Pruebe la barra nutricional, marque con una X todas las características (en cada ítem: textura, color, aroma, sabor y apariencia general) que considere correspondan a la muestra.

Código de muestra:

TEXTURA

Arenoso-granuloso-rugoso

Crocante

Duro

Húmedo

Seco

Pegajoso

Suave

COLOR

Amarillo

Chocolate

Crema

Marrón

Miel o naranja

Claro_pálido

Oscuro

SABOR

Amargo

Avena o cereal

Dulce o caramelo

Floral o frutas

Frutas secas

Frijol o legumbres

Maní

Miel o polen

Pasto

Picante

Plátano

Quemado

Quinua

Salado

Terroso

AROMA

Caramelo

Cereales

Cítrico

Floral-frutas

Frutos secos

Imperceptible

Madera

Maní

Pan integral

Rancio

APARIENCIA GENERAL

Agradable-homogéneo

Brilloso

Firme-compacto

Partículas groseras

Partículas pequeñas

Pastoso

Desagradable-heterogéneo

Liso

Anexo-V. Ficha de intención de compra para barras nutricionales elaboradas con flor de plátano, frijol huallaguino y cáscara de papaya.

Ficha de Intención de compra

Nombre:

Fecha:

Instrucciones: Una vez probada la barrita nutritiva califique marcando una X según la escala de 5 puntos desde no lo compraría hasta sin duda lo compraría.

Código de muestra:

Escala	Muestra
1. No lo compraría	
2. Creo que no lo compraría	
3. No sé si lo compraría	
4. Tal vez lo compraría	
5. Si lo compraría	

Anexo-VI. Ficha para la obtención de datos sociodemográficos de los panelistas en la evaluación sensorial de barras nutricionales con flor de plátano, frijol huallaguino y cáscara de papaya.

Ficha de Datos Sociodemográficos

Nombre:

Fecha:

Instrucciones: Una vez probada la barra nutritiva marque sus datos según corresponde

Edad (años)

De 18-25

☐

31- 45

☐

45 - 60

☐

Más de 60

☐

Salario familiar

Menos de 1 salario mínimo

☐

De 1 a 3 salario mínimo

☐

Más de 3 salario mínimo

☐

Grado de instrucción

Secundaria

☐

Cursando universidad

☐

Universidad concluída

☐

Pos-graduación

☐

Género

Femenino

☐

Masculino

☐

Con quien vive

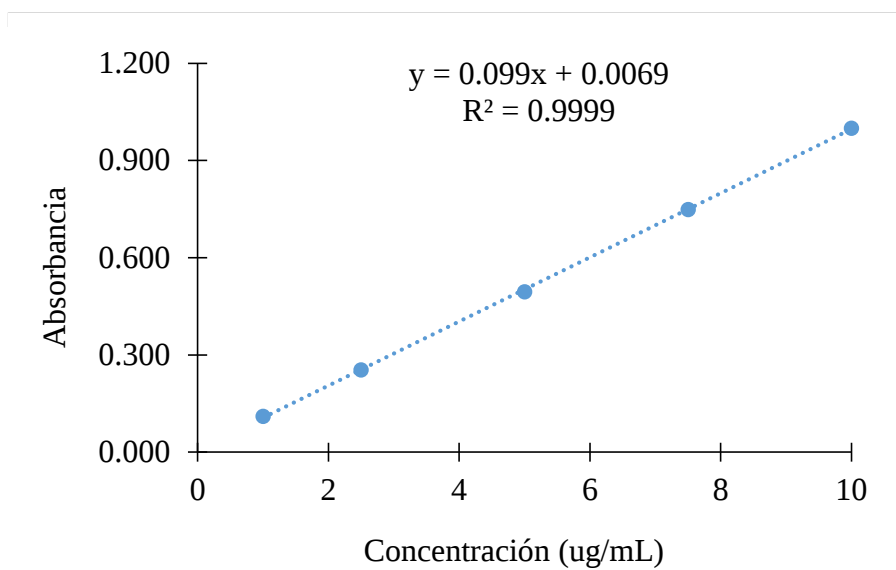
Solo

☐

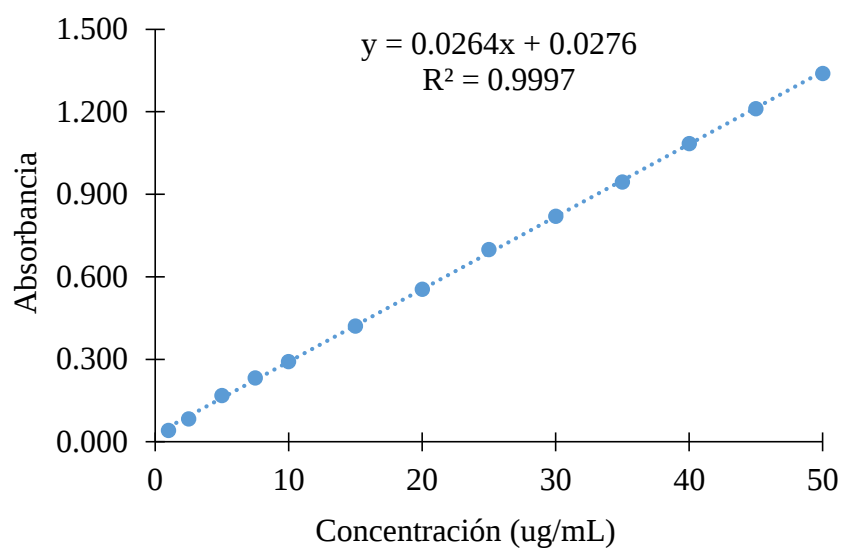
Com su familia

☐

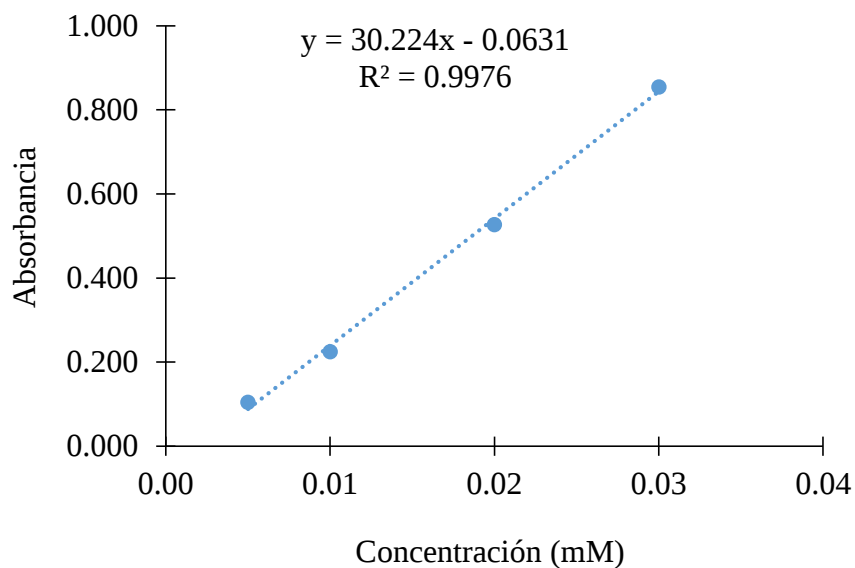
Anexo-VIIa. Curva estándar para la determinación de fenoles totales en barras nutricionales.



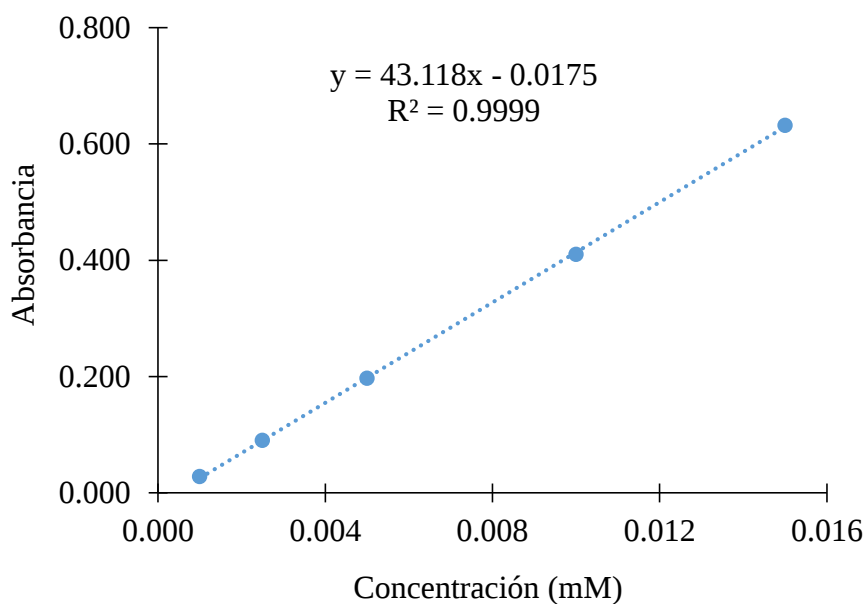
Anexo-VIIb. Curva estándar para la determinación de flavonoides totales en barras nutricionales.



Anexo-VIIc. Curva estándar para la determinación de capacidad antioxidante del radical DPPH en barras nutricionales.



Anexo- VIId. Curva estándar para la determinación de capacidad antioxidante del radical ABTS en barras nutricionales.



Anexo-VIII. Aceptabilidad para los atributos textura, color, sabor, apariencia general y aceptación global en barras nutricionales con testigo.

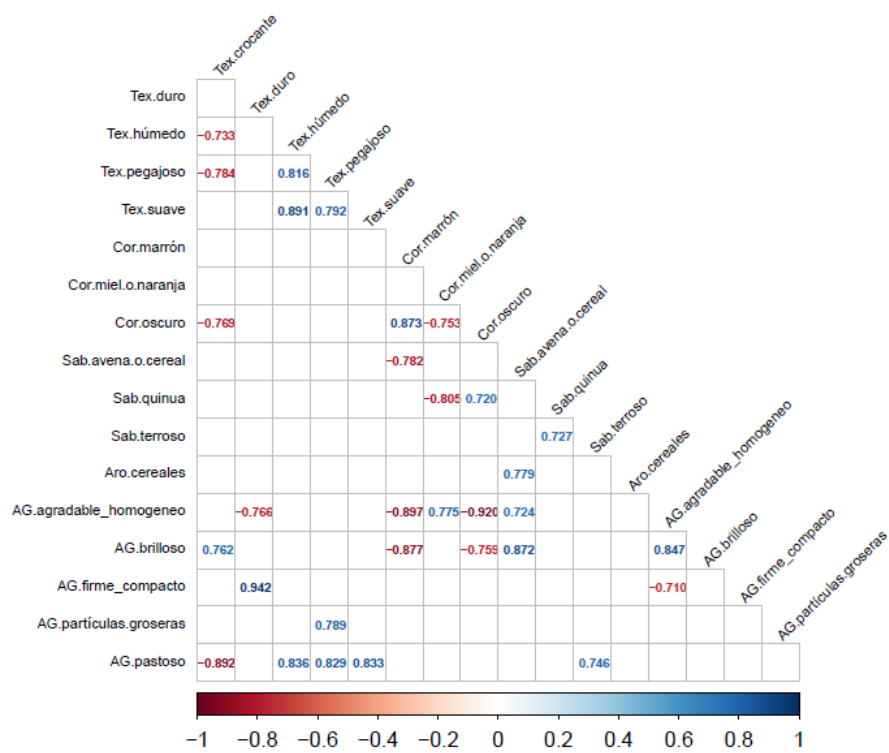
Tratamientos	Textura	Color	Aroma	Sabor	Apariencia general	Aceptación global
T1 (0,0; 0,0; 0,0)	6,20 ± 2,09 ^a	7,12 ± 1,93 ^a	6,02 ± 2,18 ^a	6,41 ± 2,12 ^a	6,83 ± 1,85 ^a	6,52 ± 1,62 ^a
T2 (0,5; 0,1; 0,4)	4,35 ± 2,03 ^c	4,55 ± 2,17 ^c	4,78 ± 1,90 ^b	4,40 ± 2,20 ^b	4,72 ± 1,77 ^c	4,56 ± 1,60 ^d
T3 (0,1; 0,5; 0,4)	4,86 ± 2,23 ^b	4,37 ± 1,96 ^d	4,84 ± 2,13 ^b	4,78 ± 2,27 ^b	4,72 ± 2,17 ^c	4,71 ± 1,84 ^c
T4 (0,5; 0,4; 0,1)	3,81 ± 2,10 ^c	3,81 ± 1,98 ^d	4,27 ± 2,11 ^b	3,97 ± 2,20 ^b	3,87 ± 1,94 ^d	3,95 ± 1,64 ^e
T5 (0,4; 0,5; 0,1)	4,32 ± 2,45 ^c	4,30 ± 2,24 ^d	4,93 ± 2,23 ^b	4,59 ± 2,29 ^b	4,22 ± 2,20 ^d	4,47 ± 1,86 ^d
T6 (0,4; 0,1; 0,5)	4,05 ± 2,21 ^c	4,93 ± 2,12 ^c	5,07 ± 2,09 ^b	4,72 ± 2,41 ^b	5,16 ± 1,95 ^b	4,79 ± 1,75 ^c
T7 (0,1; 0,4; 0,5)	4,90 ± 2,06 ^b	5,65 ± 2,12 ^b	5,16 ± 1,92 ^b	5,06 ± 2,30 ^b	5,52 ± 2,06 ^b	5,26 ± 1,63 ^b
T8 (0,33; 0,33; 0,33)	3,90 ± 2,26 ^c	4,50 ± 2,08 ^c	4,76 ± 1,93 ^b	4,37 ± 2,10 ^b	4,59 ± 1,91 ^c	4,42 ± 1,55 ^d
T9 (0,33; 0,33; 0,33)	3,94 ± 2,05 ^c	4,61 ± 1,80 ^c	4,61 ± 1,97 ^b	4,74 ± 2,13 ^b	4,51 ± 1,76 ^c	4,48 ± 1,48 ^d
T10 (0,33; 0,33; 0,33)	4,32 ± 2,26 ^c	4,26 ± 2,05 ^d	4,62 ± 2,12 ^b	4,56 ± 2,36 ^b	4,62 ± 1,98 ^c	4,47 ± 1,83 ^d

Los datos representan promedio ± desviación estándar del experimento, valores de una misma columna con superíndices diferentes son significativos ($p < 0,05$), FP: fracción de flor de plátano deshidratada, FH: fracción de harina de frijol Huallaguino y CP: fracción de cáscara de papaya deshidratada.

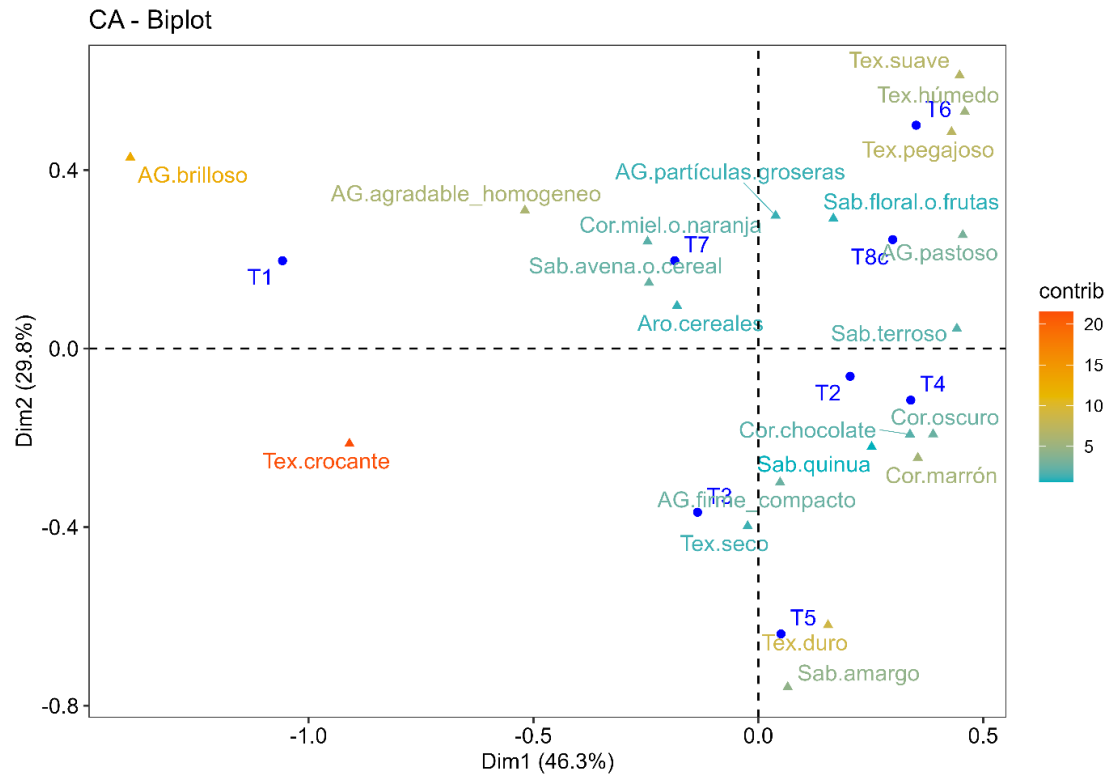
Anexo-IX. Tabla de valores calculados y experimentales de las variables respuestas

Variable respuesta	Valor calculado ($\hat{Y}$)	Valor experimental (Y_{exp})
Textura	4,754	4,618
Color	5,417	6,390
Aroma	5,047	5,961
Sabor	4,961	5,881
Apariencia	5,401	6,177
Aceptación	5,116	5,805
Textura	4,206	5,181
Color	4,313	5,400
Aroma	4,668	5,506
Sabor	4,300	5,455
Apariencia	4,598	5,394
Aceptación	4,417	5,387
Textura	4,181	4,861
Color	4,069	4,710
Aroma	4,812	5,552
Sabor	4,495	5,779
Apariencia	4,101	5,485
Aceptación	4,331	5,277

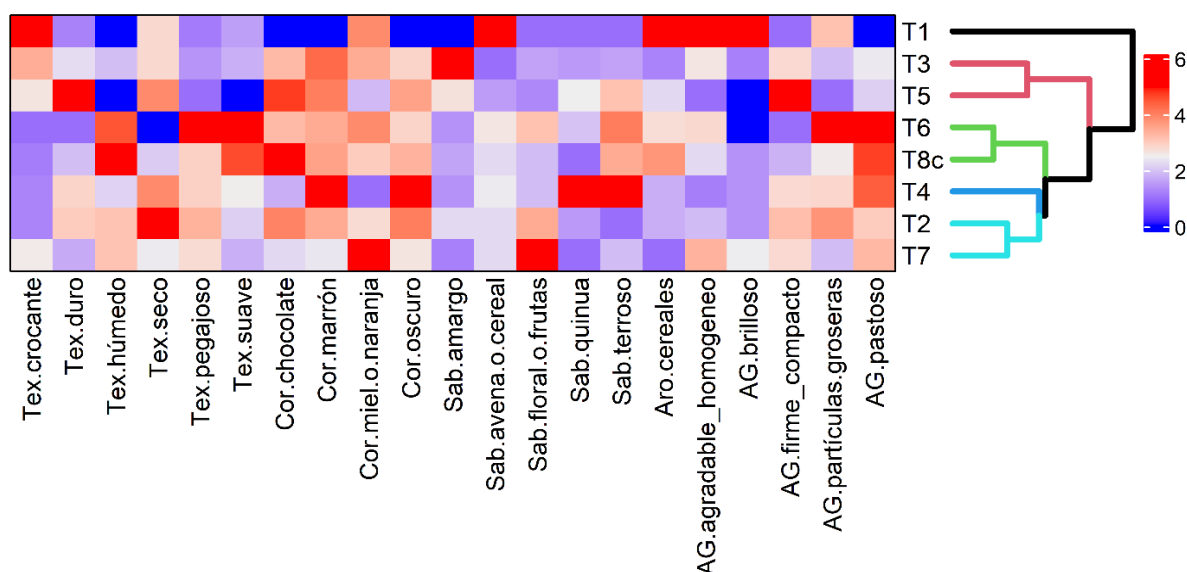
Anexo-X. Correlograma de descriptores de barras nutricionales considerando el testigo



Anexo-XI. Análisis de correspondencia de barras nutricionales usando prueba CATA considerando al testigo.



Anexo-XII. Agrupación jerárquica de componentes principales (HCPC) de barras nutricionales con el testigo.



Anexo-XIIIa. Análisis de varianza de fenoles totales en las barras nutricionales.

Fuente de variabilidad	G.L.	S.C.	C.M	F cal.	P valor	Sig.
Tratamientos	3	1,27883	0,426277	2590,04	<0,0001	**
Error	8	0,0013167	0,00016458			
Total	11	1,28015				
R ² = 0,9990	C.V = 1,2024		M.S.E. = 0,0335			Media = 1,067

Anexo-XIIIb. Análisis de varianza de flavonoides totales en las barras nutricionales.

Fuente de variabilidad	G.L.	S.C.	C.M	F cal.	P valor	Sig.
Tratamientos	3	0,81743	0,27248	1903,21	<0,0001	**
Error	8	0,001145	0,0001432			
Total	11	0,818573				
R ² = 0,9986	C.V = 2,2368		M.S.E. = 0,0313			Media = 0,535

Anexo-XIIIc. Análisis de varianza de la capacidad de inhibir el radical DPPH en las barras nutricionales.

Fuente de variabilidad	G.L.	S.C.	C.M	F cal.	P valor	Sig.
Tratamientos	3	15,8638	5,28792	3241,14	<0,0001	**
Error	8	0,013052	0,0016315			
Total	11	15,8768				
R ² = 0,9992	C.V = 1,3273		M.S.E. = 0,1056			Media = 3,043

Anexo-XV. Especificaciones técnicas de barra de cereales y/o leguminosas.

ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DE ALIMENTOS QUE
FORMAN PARTE DE LA PRESTACIÓN DEL SERVICIO
ALIMENTARIO DEL PROGRAMA NACIONAL DE
ALIMENTACIÓN ESCOLAR QALI WARMA

	PERÚ	Ministerio de Desarrollo e Inclusión Social	Viceministerio de Prestaciones Sociales	Programa Nacional de Alimentación Escolar QALI WARMA
Versión N° 02		BARRA DE CEREALES Y/O LEGUMINOSAS		Resolución Dirección Ejecutiva N° D000347- 2022-MIDIS/PNAEQW - DE
		CÓDIGO: CER-BC-2022		Pág. 1 de 4

1. CARACTERÍSTICAS GENERALES

1.1	Denominación técnica	Barra de Cereales y/o Leguminosas.
1.2	Tipo de alimentos	No Perecible
1.3	Grupo de alimentos	Derivados de cereales
1.4	Descripción general	Producto de consumo directo elaborado a base de cereales y/o leguminosas y/o granos andinos y/o semillas y/o frutos secos y/o, entre otros, a los que se le añade panela y/o miel de abeja y/o jarabes de azúcares, puede llevar aceite vegetal, con o sin fortificación; asimismo, puede contener productos lácteos y/o pasta de cacao. Debe estar compuesto mínimo por dos cereales y/o leguminosas. Los cereales y/o leguminosas y/o granos andinos a utilizar deben haber sido sometidos a una serie de operaciones de procesamiento previo, que lo hagan comestible y digerible para ser utilizado como ingrediente para la elaboración de la barra. No se permite el uso de grasas hidrogenadas y/o parcialmente hidrogenadas.

2. CARACTERÍSTICAS ESPECÍFICAS

2.1 Características Organolépticas

Característica	Especificación	Referencia
Sabor	Exento de sabores extraños, ajenos a la naturaleza del producto, desagradables, entre otros	Requisito del PNAEQW
Olor	Agradable, exento de olores rancios y ajenos a la naturaleza del producto	
Color	De acuerdo a la naturaleza del producto, según su composición	
Aspecto	Libre de materias extrañas	
Textura	Granulado, crocante y suave	

2.2 Características Físico Químicas

Característica	Especificación	Requisito
Humedad (%)	Máximo 10	Requisito del PNAEQW
Proteína (g/100 gramos)	Mín. 8,5	
Azúcar Total (g/100g)	Según normatividad vigente	Ley N° 30021 "Ley de promoción de la alimentación saludable para niños, niñas y adolescentes y su Reglamento aprobado mediante Decreto Supremo N°017-2017-SA
Grasa Saturada (g/100g)	Según normatividad vigente	
Sodio (mg/100g)	Según normatividad vigente	

ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DE ALIMENTOS QUE
FORMAN PARTE DE LA PRESTACIÓN DEL SERVICIO
ALIMENTARIO DEL PROGRAMA NACIONAL DE
ALIMENTACIÓN ESCOLAR QALI WARMA

	PERÚ	Ministerio de Desarrollo e Inclusión Social	Viceministerio de Prestaciones Sociales	Programa Nacional de Alimentación Escolar QALI WARMA
Versión N° 02	BARRA DE CEREALES Y/O LEGUMINOSAS			Resolución Dirección Ejecutiva N° D000347- 2022-MIDIS/PNAEQW - DE
	CÓDIGO: CER-BC-2022			Pág. 2 de 4

2.3 Características Microbiológicas

Agente microbiano	Categoría	Clase	n	c	Límite por g	
					m	M
Mohos	2	3	5	2	10 ²	3x10 ³
<i>Staphylococcus aureus</i> (*)	8	3	5	1	10	10 ²
<i>Bacillus cereus</i> (**)	8	3	5	1	10 ²	10 ⁴
<i>Salmonella</i> sp.	10	2	5	0	Ausencia / 25 g	-

(*) Sólo para productos que contienen leche

(**) Sólo para productos que contienen cereales

Fuente: R.M. N° 591-2008-MINSA "Norma Sanitaria que establece los Criterios Microbiológicos de Calidad Sanitaria e Inocuidad para los Alimentos y Bebidas de Consumo Humano". Criterio VII.4. Turrón blando o duro de confitería, barra de cereales.

3. PRESENTACIÓN

3.1 Presentación y envases

Los envases utilizados deben ser de primer uso y sellados herméticamente, de acuerdo a las siguientes características:

Envase	Tipo	Material	Capacidad
Envase primario	Bolsa	Polipropileno Biorientado (BOPP) metalizado Bilaminado o Trilaminado	Min. 0,018 kg
	Bolsa	Polipropileno Biorientado (BOPP) cristal	
Envase secundario	Bolsa	Bolsa de polietileno (PE)	De acuerdo a lo establecido por el fabricante
	Cajas	Cajas de cartón corrugado	

3.2 Vida útil

Establecida por el fabricante, según la declaración en el Registro Sanitario ante la autoridad sanitaria competente.

3.3 Rotulado

El rotulado debe ajustarse a lo establecido en el artículo 117° del Reglamento sobre Vigilancia y Control Sanitario de Alimentos y Bebidas aprobado por Decreto Supremo N° 007-98-SA, la NTP 209.652:2017. ALIMENTOS ENVASADOS. Etiquetado Nutricional, 3ra. Edición y NTP 209.038:2019. ALIMENTOS ENVASADOS. Etiquetado de alimentos preenvasados, 8va. Edición, debiendo contener en el envase de presentación unitaria la siguiente información mínima:

- Nombre del producto
- Declaración de los ingredientes y aditivos empleados en la elaboración del producto
- Contenido neto
- Nombre o razón social y dirección del fabricante
- Código de lote
- Fecha de vencimiento
- Condiciones de conservación
- Código del Registro Sanitario

ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DE ALIMENTOS QUE
FORMAN PARTE DE LA PRESTACIÓN DEL SERVICIO
ALIMENTARIO DEL PROGRAMA NACIONAL DE
ALIMENTACIÓN ESCOLAR QALI WARMA

	PERÚ	Ministerio de Desarrollo e Inclusión Social	Viceministerio de Prestaciones Sociales	Programa Nacional de Alimentación Escolar QALI WARMA
Versión N° 02		BARRA DE CEREALES Y/O LEGUMINOSAS		
		CÓDIGO: CER-BC-2022		
		Resolución Dirección Ejecutiva N° D000347- 2022-MIDIS/PNAEQW - DE		
		Pág. 3 de 4		

- Información nutricional

El rótulo debe estar consignado en el envase de presentación unitaria, en idioma castellano, con caracteres de fácil lectura, en forma completa y clara, visible, legible e indeleble, el mismo que no debe desprenderse ni borrarse. La información del rotulado no debe inducir a engaño al consumidor. No se permite el uso de etiqueta autoadhesiva para ninguna información del rotulado, que pretenda reemplazar la información consignada en el rotulado original, en ningún caso, a excepción de lo dispuesto por la autoridad sanitaria competente, siempre que no se refiera a la composición original del producto y cuya disposición no reemplace ni oculte la información del rotulado original.

4. REQUISITOS DE CERTIFICACIÓN OBLIGATORIOS

4.1 Documentación Obligatoria

- Copia simple de la consulta web del Registro Sanitario del producto y anotaciones según corresponda, expedido por la DIGESA, el que debe corresponder al producto, marca, envase y presentación, vigente durante el periodo de atención.
- Copia simple de la Resolución Directoral que otorga la Validación Técnica Oficial del Plan HACCP emitida por la DIGESA, otorgada para la línea de proceso productivo del producto requerido, vigente durante la fabricación del producto.

4.2 Certificación Obligatoria

- Original con firma digital del certificado o informe de inspección de lote, emitido por un Organismo de Inspección acreditado ante INACAL-DA, el mismo que debe adjuntar original con firma digital del informe de ensayo con "símbolo de acreditación", que contemple el resultado del análisis de las características organolépticas, fisicoquímicas y microbiológicas establecidas en las especificaciones técnicas del producto (por código de lote y presentación), realizados por un Laboratorio de Ensayo acreditado por el INACAL-DA.

- Todos los ensayos microbiológicos y por lo menos uno (01) de los ensayos organolépticos y/o fisicoquímicos deben ser realizados con métodos de ensayo acreditados.

En caso no exista laboratorio de ensayo que cuente con método de ensayo acreditado para las características organolépticas y fisicoquímicas, se puede utilizar métodos de ensayo no acreditados realizados por un laboratorio de ensayo acreditado por el INACAL-DA.

Los ensayos se realizan considerando lo siguiente:

- Análisis Organoléptico y Fisicoquímico
El número de unidades de muestra para los ensayos organolépticos y fisicoquímicos es por una vía, de acuerdo a la NTP-ISO 2859-1:2013 (revisada el 2018): *Procedimientos de muestreo para inspección por atributos. Parte 1: Esquemas de muestreo clasificados por límite de calidad aceptable (LCA) para inspección lote por lote. 4a Edición*, nivel de inspección especial S4, plan de muestreo simple para inspección normal y LCA 0,65 (para efecto de extracción de la muestra).
- Análisis Microbiológico